



**Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza**

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Título del Proyecto

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SEGUIDOR SOLAR DE UN EJE

MEMORIA

AUTOR: Enrique Lacasa Ferrer

DIRECTOR: José Luis Santolaya Sáenz

ESPECIALIDAD: Ingeniería Técnica Industrial Mecánica

CONVOCATORIA: Septiembre 2012

ÍNDICE:

1.	MEMORIA DESCRIPTIVA	1
1.1.	OBJETO DEL PROYECTO	1
1.2.	CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DISEÑADO	1
1.3.	CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO PRODUCTIVO	1
1.4.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN	2
1.5.	FIRMA Y FECHA	2
1.6.	BIBLIOGRAFÍA	2
2.	SEGUIDORES SOLARES	5
2.1.	LA ENERGÍA SOLAR COMO FUENTE DE ENERGÍA	5
2.1.1.	Tecnologías para el aprovechamiento de la energía del sol	6
2.1.2.	Instalaciones fotovoltaicas	9
2.2.	SEGUIDORES SOLARES: TIPOS Y CARACTERÍSTICAS	13
2.2.1.	Tipos de seguidores	14
2.2.2.	Medidas de protección	16
2.2.3.	Funcionamiento y control	17
3.	DISEÑO DEL CONJUNTO	19
3.1.	DESCRIPCIÓN	19
3.2.	PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS Y CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	22
3.2.1.	Cadena de transmisión	22
3.2.2.	Dimensionado estático	26
3.3.	ESTUDIO DE MERCADO	46
4.	PROCESO DE FABRICACIÓN	47
4.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN	47
4.2.	PROCESO DE FABRICACIÓN	48
4.1.	FLEXIBILIDAD Y CAPACIDAD PRODUCTIVA	56
5.	ANEXOS	58
5.1.	MANUAL DE INSTRUCCIONES Y NORMATIVA A CUMPLIR	58
5.1.1.	Manual de instrucciones	58
5.1.2.	Normativa	62
5.2.	DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD Y MARCADO CE	64
5.3.	MÁQUINAS Y CARACTERÍSTICAS	66

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

Figura 2.1. Potencia del sol sobre Europa	6
Figura 2.2. Planta solar fotovoltaica sobre tejado de General Motors.	12
Figura 2.3. Nivel de producción	13
Figura 2.4. Seguidor solar eje polar.	14
Figura 2.5. Seguidor solar de eje vertical.	15
Figura 2.6. Seguidores solares de eje horizontal.	15
Figura 2.7. Grados de libertad	18
Figura 3.1. Soporte de la placa solar.	19
Figura 3.2. Mecanismo motor-reductor.	20
Figura 3.3. Carcasa.	20
Figura 3.4. Soporte graduado.	21
Figura 3.5. Esquema de fuerzas sobre el eje de giro.	23
Figura 3.6. Altura del sol.	28
Figura 3.7. Fuerzas que actúan sobre la placa solar.	29
Figura 3.8. Fuerzas y diagramas de esfuerzo de los perfiles de aluminio.	30
Figura 3.9. Fuerzas y diagramas de esfuerzo del eje.	30
Figura 3.10. Sección del perfil de aluminio.	31
Figura 3.11. Fuerzas sobre en la sección más desfavorable.	32
Figura 3.12. Fuerzas sobre la sección más desfavorable.	33
Figura 3.13. Unión atornillada eje-perfil de aluminio.	33
Figura 3.14. Fuerza del axil.	34
Figura 3.15. Fuerza del torsor.	34
Figura 3.16. Fuerzas en los apoyos del eje.	34
Figura 3.17. Área resistente de la carcasa.	35
Figura 3.18. Fuerzas en los apoyos de la carcasa con la chapa soporte.	36
Figura 3.19. Área resistente de los apoyos.	37
Figura 3.20. Fuerzas cortantes sobre los pernos.	38
Figura 3.21. Fuerzas en los apoyos de la carcasa.	39
Figura 3.22. Fuerzas sobre la chapa soporte.	39
Figura 3.23. Área que resiste las fuerza de tracción.	40
Figura 3.24. Fuerzas sobre la unión Chapa-Mástil.	41
Figura 3.25. Orificios en parte superior del mástil.	44

Figura 3.26. Fuerzas sobre el mástil.	44
Figura 3.27. Diagramas de esfuerzo del mástil.	45
Figura 3.28. Tensiones en la sección más desfavorable.	45
Figura 4.1. Motor-Reductor.	55
Figura 4.2. Estructura que soporta la placa solar.	55
Figura 5.1. Abrazadera rectangular.	59
Figura 5.2. Atornillar mástil con chapa soporte.	60
Figura 5.3. Colocar perfiles de aluminio.	60
Figura 5.4. Atornillar perfil al eje.	61
Figura 5.5. Fijación Hook.	61

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. OBJETO DEL PROYECTO

En este proyecto se ha llevado a cabo el diseño de un seguidor solar de un eje y se ha analizado la viabilidad técnica y económica de su fabricación en serie. Con ello se persigue comercializar un producto con una elevada función práctica, ya que mejora el aprovechamiento energético de placas fotovoltaicas, a la vez que obtener un beneficio industrial, manteniendo la ocupación de una instalación productiva.

1.2. CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DISEÑADO

El conjunto a fabricar es un seguidor solar diario con movimiento controlado y programado, el cual mueve una placa fotovoltaica que permite transformar la energía del sol en energía eléctrica.

Aunque está pensado para instalaciones que requieren poca potencia y para aplicaciones domésticas, el seguidor también puede instalarse en huertos solares. Además, tiene la ventaja de que manualmente puede girar en otro plano, y aumentar su producción frente a los que no tienen este sistema.

Es resistente a las condiciones meteorológicas, tiene un bajo mantenimiento y su coste final lo hace muy competitivo.

1.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

El proceso de fabricación se ha planteado siguiendo como líneas básicas:

- La elección de los materiales y procesos más adecuados que eviten, entre otros aspectos, operaciones redundantes y rectificaciones.
- El empleo de técnicas, herramientas y máquinas existentes en el mercado, fiables y que garantizan unos resultados óptimos.
- La reducción de operaciones manuales poco eficaces.
- Una producción flexible estructurada en varias células de fabricación, capaz de hacer grandes series o fabricar de acuerdo a las necesidades del cliente.

Con este proceso, se fabrican como máximo 3520 seguidores solares al año, con una producción media de 16 conjuntos diarios.

1.4. RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN

Gastos derivados del proceso productivo:

Denominación	Gasto total anual (€)	GASTO total unitario (€)
Materia Prima y Materiales	489906,56	139,178
Mano de obra	243525,685	69,18
Costes de producción	19167,85	5,45
Costes indirectos	48643,44	13,82
Amortizaciones	7581,318	2,15
COSTE TOTAL	808824,853	229,779

Beneficios obtenidos:

	Gastos anuales (€)	Ingresos anuales (€)	Beneficios anuales (€)	Porcentaje beneficio %
TOTAL	808824,853	855800	46977,92	5,49

1.5. FIRMA Y FECHA

Enrique Lacasa Ferrer

3-Septiembre-2012

1.6. BIBLIOGRAFÍA

Direcciones en la web:

- Características de seguidores solares de un eje.
Disponible en: http://catalog-on-demand-assets.s3.amazonaws.com/teknosolar/Teknosolar_117497_Catalog-On-Demand.pdf

- Características de seguidores solares de dos ejes.
Disponible en: <http://www.debasol.com/doc/es-ftecs05202.pdf>
<http://adener.com/seguidores.html>
http://www.energes.net/productos/pdf/dos_ejes.pdf
- Motores comerciales de pequeño tamaño.
Disponible en: <http://www.elmeqmotor.es/index.php?qclid=CNiIrKDX8LACFW1ItAodDEaKxA>
- Engranajes comerciales.
Disponible en: <http://www.khkgears.co.jp/world/break.html>
<http://www.catalogosdemecanica.es/catalogo-de-engranajes.html>
- Tornillos, tuercas, arandelas y anillos elásticos.
Disponible en: <http://www.fixnvis.es/tornillos-de-cabeza-hexagonal-0/tornillo-de-cabeza-hexagonal-estandar-0/acero-8-8-galvanizado-blanco-0/ch-acero-8-8-z-blanco-rosca-total-din-933-0.html>
- Monitor.
Disponible en: http://www.duo-consulting.com/fv/inversores/catalogo_inversores_2011.pdf
- Casquillos.
Disponible en: http://www.igus.es/iPro/iPro_02_0001_0000_ESes.htm?ArtNr=GSM-3031-12&c=ES&l=es
- Perfiles.
Disponible en: http://www.incafe2000.com/index1.php?entrada=Producte&producte=133738&c_at=
- Materia prima.
Disponible en: <http://www.suministrostorras.com/materias-primas-10/nylon-en-barra-cilindrica-260.html>
- Carga de viento.
Disponible en: <http://www.cleanergysolar.com/2011/08/24/tutorial-calculo-de-la-fuerza-del-viento-sobre-la-estructura-de-los-paneles-o-colectores-solares/>
- Herramientas de mecanizado.
Disponible en: <http://www.comvensa.es/>

Libros:

- SERRANO NICOLÁS, Antonio. *Cálculo y construcción de máquinas*.
Universidad de Zaragoza.

- RAMOS BARBERO y GARCÍA MATÉ, Basilio y Esteban. *Dibujo técnico*. 2ª edición. AENOR ediciones.

Apuntes:

- Diseño de máquinas. Asignatura de 3º curso de ingeniería técnica industrial mecánica.
- Dibujo 2. Asignatura de 2º curso de ingeniería técnica industrial mecánica.
- Oficina técnica. Asignatura de 3º curso de ingeniería técnica industrial mecánica.
- Estructuras. Asignatura de 3º curso de ingeniería técnica industrial mecánica.

Documentos técnicas:

- Código técnico de la Edificación.
- Sistema de tolerancia ISO.

2. SEGUIDORES SOLARES

2.1. LA ENERGÍA SOLAR COMO FUENTE DE ENERGÍA

Las energías renovables tal como la energía eólica, bio-combustibles, solar,... cobran cada vez más importancia en todo el mundo debido a diversos factores como el calentamiento global, el agotamiento de los recursos energéticos no renovables, el aumento progresivo de la demanda de energía, la existencia de lugares en los que no existe un suministro eléctrico por diferentes causas, etc... Debido a todos estos motivos y según informes de Greenpeace, la energía solar fotovoltaica podría suministrar la energía eléctrica necesaria para dos tercios de la población mundial en 2030.

La energía solar es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. La radiación que llega a la Tierra depende de diversos factores como el día del año, el momento del día, la latitud o las condiciones atmosféricas. Se trata de una fuente de energía limpia y renovable y que posee gran potencia. La energía solar se puede transformar en electricidad a través de paneles fotovoltaicos, o se puede transformar en calor con colectores solares. La inversión para adquirir este tipo de dispositivos es elevada, aunque acaba amortizándose.

En los últimos años, se han producido muchos cambios regulatorios relacionados con el aprovechamiento de la energía solar. La tendencia en 2012 se está caracterizando por una gran ralentización de la producción de módulos, células y obleas, debido al exceso de oferta y a la incertidumbre sobre la futura demanda de los principales mercados mundiales. Esta ralentización de la producción está siendo provocada por los propios fabricantes para mantenerse temporalmente a la espera de que el mercado vuelva a su equilibrio.

Se tiene previsto que en el segundo semestre de 2012 la capacidad de producción de módulos fotovoltaicos solamente se incremente en un 6%, a pesar de que en el mismo periodo de 2011 fue de cinco veces superior. Este incremento se producirá a causa de la entrada de nuevos fabricantes y no por que los proveedores ya existentes amplíen sus capacidades.

España es el cuarto país del mundo en tecnologías de energía solar, de las que exporta un 80% a Alemania. Es uno de los países de Europa con mayor cantidad de horas de sol (**Figura 2.1.**), a lo que se unen los compromisos europeos y mundiales en instalación de energías renovables así como la conveniencia estratégica de disminuir la gran dependencia energética exterior y aumentar la autonomía energética. Como dato, en España el mes de marzo de 2012 la potencia fotovoltaica total conectada a la red es de 4243MW con un total de 57718 instalaciones fotovoltaicas.

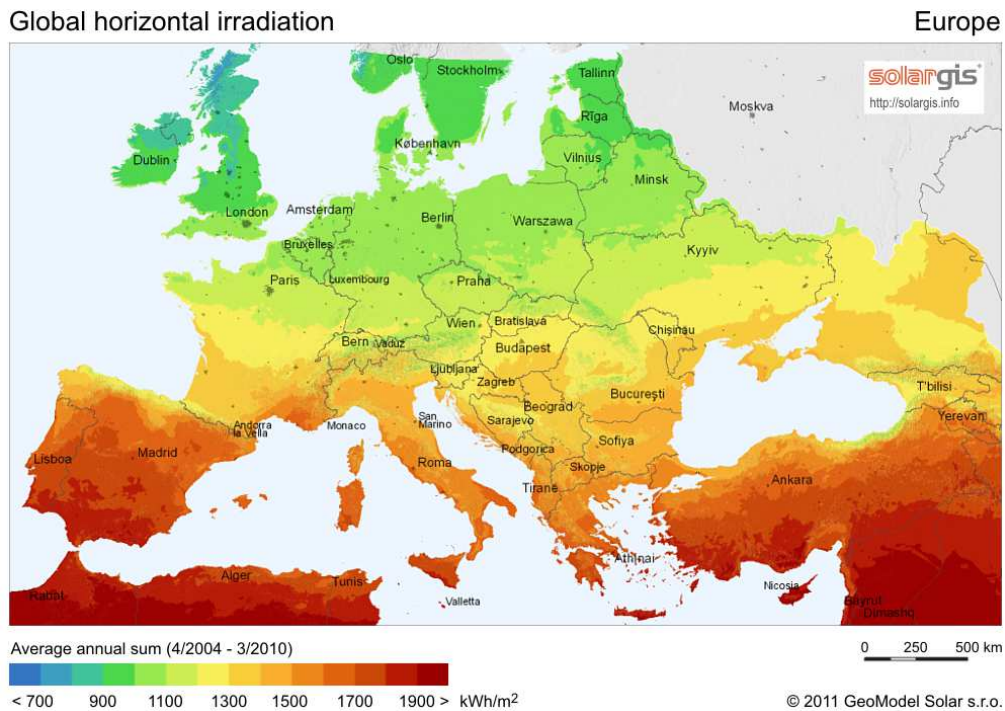


Figura 2.1. Potencia del sol sobre Europa

2.1.1. Tecnologías para el aprovechamiento de la energía del sol

En general, las tecnologías utilizadas para el aprovechamiento de la energía solar se pueden clasificar según el aporte de energía que se necesite en la instalación y según el tipo de energía en el que se transforma.

Teniendo en cuenta el aporte de energía se habla de:

- **Energía solar activa:** es un término referido a aquellas tecnologías utilizadas para transformar la energía solar en calor utilizable, para producir corrientes de aire para ventilación o refrigeración o para almacenar el calor para uso futuro,

todo ello por medio de equipamientos mecánicos o eléctricos tales como bombas y ventiladores. Como ejemplo de energía solar activa podemos nombrar a los sistemas de agua caliente sanitaria. Se pueden conseguir temperaturas del orden de 2000°C.

- **Energía solar pasiva:** es el conjunto de técnicas dirigidas al aprovechamiento de la energía solar de forma directa, sin transformarla en otro tipo de energía, para su utilización inmediata o para su almacenamiento sin la necesidad de sistemas mecánicos ni aporte externo de energía, aunque puede ser complementada por ellos, por ejemplo para su regulación.

Algunos sistemas solares pasivos pueden, no obstante, consumir una pequeña cantidad de energía necesaria para activar compuertas, relés, interruptores u otros dispositivos que mejorarían el rendimiento de estos sistemas en la recolección, almacenamiento y uso de la energía solar.

Dentro de sus aplicaciones se encuentran sistemas con ganancia directa e indirecta para el calentamiento de espacios, sistemas de calentamiento de agua basados en termosifón, el uso de masa térmica y de materiales con cambio de fase para suavizar las oscilaciones de la temperatura del aire, cocinas solares, chimeneas solares para mejorar la ventilación natural y el propio abrigo de la tierra. También incluye otras tecnologías como los hornos solares o las fraguas solares, aunque estos requieren cierto consumo de energía para alinear espejos concentradores o receptores e históricamente no han demostrado ser muy prácticos o rentables para uso extensivo.

Una de las aplicaciones más importantes de este tipo de tecnología es la arquitectura bioclimática que se trata de la aplicación de este principio al diseño de edificaciones. La energía no se aprovecha por medio de captadores industrializados, sino que son los propios elementos constructivos los que absorben la energía de día y la redistribuyen por la noche. Es la forma más antigua de aprovechamiento de la energía solar.

Como comparación entre las dos, se puede decir que la tecnología solar pasiva no requiere (o requiere poca) energía adicional para funcionar y, por tanto, coste de operación cero, no emite gases de efecto invernadero y los costes de mantenimiento son muy bajos. Sin embargo, los sistemas solares térmicos activos, que suelen usar ventiladores y bombas, ofrecen una fracción solar mayor que los sistemas pasivos, debido a las mejoras en las transferencias y el transporte del calor. Un sistema híbrido

que utilizara la energía solar fotovoltaica para alimentar esas bombas y ventiladores, podría resultar de lo más interesante.

Otra clasificación se basa en el tipo de energía en el que se transforma la radiación solar y en la manera de obtenerla:

- **Energía solar térmica:** transforma la energía del Sol en calor que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente. Ésta, a su vez, se puede utilizar para el consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y, a partir de ella, de energía eléctrica.

Para este tipo de aprovechamiento de la energía solar se necesita:

- Captadores solares: son los elementos que capturan la radiación solar y la convierten en energía térmica.
 - Circuito primario: es un circuito cerrado que transporta el calor desde el captador hasta el acumulador, lo hace mediante el líquido calentado en el captador que se transporta hasta el acumulador al que transfiere su calor y cuando se enfría vuelve otra vez al captador para volver a calentarse. Este circuito se compone de dos partes fundamentales: el intercambiador de calor, que calienta el agua de consumo a través del calor obtenido por la radiación solar, y el acumulador, que almacena el agua caliente útil para el consumo.
 - Circuito secundario o de consumo: es un circuito abierto en el cual entra agua fría, pasa por el acumulador calentándose y sale el agua caliente lista para el consumo.
- **Energía solar fotovoltaica:** genera electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar. La luz solar incide sobre la placa y ésta la transforma en energía eléctrica de baja tensión y en corriente continua. Después el inversor la transforma en energía de corriente alterna y, a partir de aquí, se puede inyectar directamente en una red de distribución de baja tensión o se puede aumentar la tensión mediante un transformador para después inyectarla en una red de distribución de media tensión.

En rasgos generales, las principales partes que componen a estas instalaciones solares son:

- Módulo fotovoltaico: elemento que capta la energía luminosa del sol y la transforma en corriente continua a baja tensión.
 - Regulador de carga: su función es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador para que éste no se dañe. Proporciona a su salida una tensión continua para la instalación. Desde aquí la energía puede almacenarse en el acumulador o también puede ir directamente al inversor para después ser utilizada.
 - Acumulador: almacena la energía producida por el generador. Solo está presente en las instalaciones autónomas y sirve para proporcionar energía a la instalación durante los periodos sin luz solar o sin suficiente luminosidad.
 - Inversor: es el aparato encargado de transformar la energía de corriente continua en energía de corriente alterna, similar a la de la red eléctrica, para poder alimentar a los usuarios.
- **Energía solar termoeléctrica:** genera electricidad con un ciclo termodinámico convencional. A partir de un fluido calentado a alta temperatura (aceite térmico) se produce la potencia necesaria para mover un alternador.
 - **Energía solar híbrida:** combina la energía solar con la energía obtenida de una central térmica, eólica, biomasa,.... Según la energía con la que se combine es una hibridación renovable (biomasa, energía eólica) o no renovable (combustible fósil).
 - **Energía eólico-solar:** funciona con el aire calentado con el sol, que sube por una chimenea donde están los generadores.

2.1.2. Instalaciones fotovoltaicas

Dependiendo del uso que se le de a la energía eléctrica producida se pueden distinguir dos tipos de instalaciones:

- **Instalaciones aisladas:** la electricidad es empleada para el autoconsumo de viviendas unifamiliares o explotaciones agrícolas y ganaderas en las que, por su ubicación, el abastecimiento eléctrico de la red implica una gran dificultad y un elevado coste económico.
- **Instalaciones conectadas a red:** vierten la electricidad producida a la red nacional, obteniéndose así, además de beneficios ambientales, beneficios económicos mediante su venta a las grandes compañías eléctricas.

La potencia de las instalaciones fotovoltaicas se da en Wp (vatios pico), que corresponde a la potencia que dan los módulos a 25° de temperatura y bajo condiciones de insolación de 1000W/m² (insolación aproximada de un día soleado de verano al mediodía). La potencia en Wp del módulo corresponde, aproximadamente, a la potencia máxima que puede generar. Se pueden distinguir distintos tipos de instalaciones según su potencia:

- **Instalaciones pequeñas de 3kWp como planta tipo:** pueden generar hasta 5kWp. Se utilizan en lugares rurales aisladas por ser una solución limpia y muchas veces económica, o aplicaciones conectadas a red sobre tejados, azoteas de casas, hechas por particulares en zonas de su propiedad o influencia; la motivación es generalmente medioambiental. Con la generación de 3kWp se cubriría el consumo propio de una casa tipo medio en el que vivan 2-3 personas, excluyendo el consumo de calefacción y aire acondicionado.
- **Instalaciones medianas de 30kWp como planta tipo:** tienen un rango de variación de potencia entre 5kWp y 100kWp. Se utilizan en electrificaciones rurales centralizadas, o conectadas a red en edificios donde se integra en la arquitectura de los mismos. Una instalación de 30kWp en un edificio supondría cubrir las necesidades eléctricas de diez viviendas medias.
- **Instalaciones grandes de 300kWp como planta tipo:** tienen un rango entre 100kWp y 1MWp. Son generalmente instalaciones conectadas a red, de superficies extensas, promovidas generalmente por empresas que, además de contribuir a una generación limpia de energía, desean un refuerzo de la imagen de la empresa o entidad promotora. Una planta de 300kWp cubre el consumo de un edificio de tipo medio.

- **Centrales fotovoltaicas de 3MWp como planta tipo:** tienen un rango entre 1MWp y 50MWp. Son centrales de generación, promovidas generalmente por empresas o consorcios de empresas, siendo generalmente una de ellas la empresa local de distribución; estas empresas desean conseguir cierto rendimiento económico y una componente de generación verde. Una planta de 3MWp cubre el consumo de una población o urbanización de aproximadamente 500 vecinos.

Algunas de las grandes instalaciones que hay montadas en España son:

NOMBRE	POTENCIA PICO (MW)	GW-h/año
Parque fotovoltaico Olmedilla de Alarcón (Cuenca)	60	85
Parque Fovovoltaico Abertura Solar (Cáceres)	23'1	47
Planta Solar Fuente Álamo (Murcia)	26	44
Parque Solar Hoya de Los Vincentes, Jumilla (Murcia)	23	41
Parque Solar Calaverón (Albacete)	21'2	40
Parque Solar El Coronil (Sevilla)	21'47	40
Parque Fovovoltaico Beneixama (Alicante)	20	30
Parque Solar Guadarranque (Cádiz)	13'6	20

Si se habla en concreto de Aragón, las instalaciones que cabe destacar son:

- La planta solar fotovoltaica instalada sobre tejado en la fábrica de General Motors de Figueruelas (Zaragoza) (**Figura 2.2.**) es la más grande del mundo sobre cubiertas y tiene una capacidad de 10 MW.



Figura 2.2. Planta solar fotovoltaica sobre tejado de General Motors.

- La planta localizada en la localidad zaragozana de Zuera, la cual tiene una capacidad de 9'94 MW.
- El parque solar fotovoltaico Enerland en Vinaceite (Teruel) de 8 MW.
- El parque solar fotovoltaico Santamaría en Sádaba (Zaragoza) de 4'5 MW.

Se distinguen dos tipos de emplazamientos para instalaciones fotovoltaicas:

- **Sobre cubierta:** pueden ser instalaciones en cubiertas sobre tejados de edificios públicos, de viviendas, edificios industriales...Por ejemplo, en la actualidad, en España existe la obligación de instalar sistemas de energía solar térmica en los edificios para cubrir entre el 30% y el 70% de las necesidades de agua caliente sanitaria, según RD 314/2006, de 17 de marzo, exigencia básica HE 4.
- **Sobre terreno:** dentro de este tipo de emplazamientos destacan los parques solares, los cuales son destinados a la obtención de energía eléctrica en grandes cantidades. Además de los parques solares, existen otras instalaciones de pequeño tamaño que permiten cubrir las necesidades energéticas de una vivienda, un huerto,...

2.2. SEGUIDORES SOLARES: TIPOS Y CARACTERÍSTICAS

Un seguidor solar es un dispositivo mecánico, que mediante una estructura soporta una o varias placas solares, a la vez es capaz de orientar las placas solares de forma que estén lo más perpendicularmente posibles a los rayos del sol. Las placas solares se orientan al moverse la estructura que las soporta, esta estructura puede moverse sobre uno o sobre dos ejes.

Si se trata de dos ejes, este hace un movimiento de Este-Oeste y Norte-Sur, si es de un eje, generalmente hace un movimiento de Este a Oeste. Este tipo de mecanismo sirve para mejorar la captación de energía solar.

El aumento de rendimiento respecto a sistemas fijos es de un 34 % para seguidores de dos ejes. En el caso de instalaciones fotovoltaicas, si se considera el rendimiento de toda la instalación, es decir, paneles solares más inversores eléctricos, el incremento puede llegar al 40 %. En los de un eje el rendimiento anual puede incrementarse en un 30 %. En los gráficos que se muestran en la **(Figura 2.3.)** se observa el incremento de producción con cada tipo.

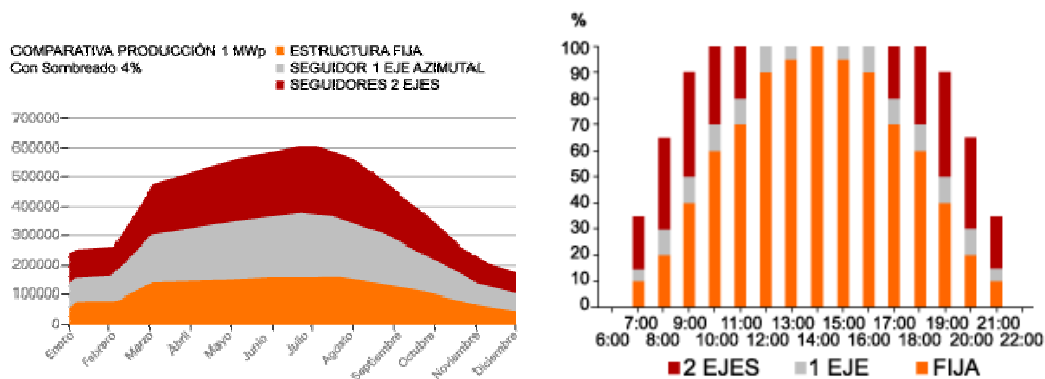


Figura 2.3. Nivel de producción

Visto el aumento de rendimiento que proporcionan estas estructuras, sale mucho más rentable un seguidor de dos ejes, que uno fijo o de un eje. Estos se amortizan rápidamente. Pero también entra otro factor que es la dimensión de las placas que se quiera colocar, si es una placa pequeña, para una producción baja, el seguidor de dos ejes no saldrá rentable. Para elegir entre uno u otro habrá que tener en cuenta las características que se quieran conseguir con la instalación.

Las ventajas y desventajas entre seguidores de 1 y 2 ejes son:

Seguidores de un eje	
Ventajas	Desventajas
Menor coste	Seguimiento solar impreciso
Simplicidad	Menor energía captada
Posibilidad de adaptación a cubiertas	

Seguidores de dos ejes	
Ventajas	Desventajas
Seguimiento solar más preciso	Mayor coste
Incrementos de la producción en torno al 35% con respecto a una placa fija	
Generalmente dificultan el robo de paneles FV.	

2.2.1. Tipos de seguidores

- **Seguidores de 1 eje:** para este tipo de seguidores el giro puede realizarse en varios planos: respecto a un eje orientado al sur, respecto a un eje vertical o respecto a uno horizontal.
 - En el primer caso (**Figura 2.4.**), el eje está inclinado un ángulo igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie de la placa coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol. La velocidad de giro es de 15° por hora.



Figura 2.4. Seguidor solar eje polar.

- En el eje vertical (**Figura 2.5.**), el ángulo de la superficie es constante e igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano local que contiene al Sol. La velocidad de giro es variable a lo largo del día.

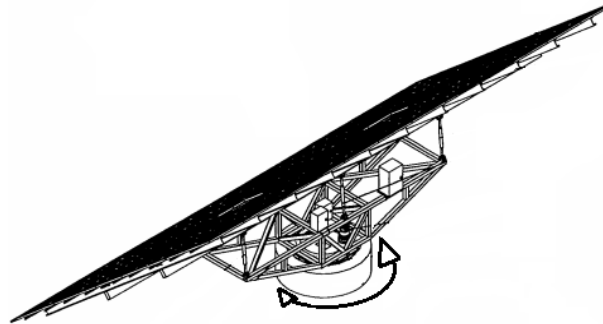


Figura 2.5. Seguidor solar de eje vertical.

- En el eje horizontal (**Figura 2.6.**), este está orientado en dirección norte-sur. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol. El rendimiento y también el precio dependen de cada tipo.



Figura 2.6. Seguidores solares de eje horizontal.

Estos seguidores solo tienen un eje y por tanto solo un motor y un reductor. Suelen emplearse para instalaciones pequeñas, generalmente una placa solar, o para lugares donde haya poco espacio o el peso esté limitado. Por ejemplo, sobre tejados de viviendas.

- **Seguidores de dos ejes:** la superficie de captación se mantiene siempre perpendicular al sol. Existen de dos tipos:
 - Monoposte: con un único apoyo central.
 - Carrusel: varios apoyos distribuidos a lo largo de una superficie circular.

Este tipo de seguidores consta de dos ejes de giro, que puede ser uno vertical y otro horizontal, o dos verticales perpendiculares entre si. Este tipo de seguidor se utiliza en instalaciones más grandes, y también tiene un mayor precio y peso. Suelen ir colocados en el suelo, ya que en una cubierta serían muy pesados.

El tamaño de los seguidores está muy relacionado con el tamaño de la instalación. En parques solares de grandes dimensiones se utilizan seguidores solares de gran tamaño, que soportan hasta 80-90 m² de superficie de placa solar. En parques solares más pequeños, puede colocarse tanto un seguidor solar de dos ejes de pequeño tamaño o placas fijas.

En instalaciones sobre tejado (cubierta) se utilizan habitualmente placas fijas para aprovechar mejor el espacio y reducir el peso. Otra opción es colocar sobre cubierta seguidores de un eje, de cualquiera de los 3 tipos explicados anteriormente. No hay que dejar mucha separación entre placas, y la superficie que se pierde se gana con el aumento de productividad, y tampoco tiene mucho más peso.

Por último para consumo propio (una caseta de riego, agua caliente en una casa...) se puede emplear tanto un seguidor solar de un eje, de una superficie de unos 2m² como una placa fija, depende de la energía que se utilice.

2.2.2. Medidas de protección

Los seguidores solares están expuestos a todo tipo de agentes corrosivos del medio ambiente por ello tiene que estar protegidos. Para protegerlos contra oxidación y corrosión, los elementos que están en el exterior (eje, estructura soporte, mástil...) están fabricados de acero galvanizado en seguidores grandes y aluminio en seguidores de menos dimensiones.

Los elementos internos como el motor, los engranajes,... se montan dentro de una carcasa que impide la entrada de humedad. Para proteger a los seguidores contra fuertes vientos (superiores a 70 Km/h), llevan una estación meteorológica, que cuando detecta vientos altos y prolongados, hace que el seguidor coloque la estructura de placas solares en posición horizontal, ya que es la forma que opone menor resistencia al viento. Para soportar la carga de nieve encima de los paneles se diseñan

estructuras más sólidas y para soportar los impactos del granizo, en las placas se utilizan cristales prensados.

2.2.3. Funcionamiento y control

El seguidor solar tiene que ir monitorizado por una central, y tener una estación meteorológica, que puede servir para uno o para varios seguidores. La forma por la que la central puede guiar el seguidor es de dos tipos:

- Por sensores: las placas solares de cada seguidor llevan unos sensores, por los que detectan si los rayos de sol inciden perpendicularmente sobre las placas, o no. Mediante estos sensores la central va dando la orden a los motores de que muevan las placas solares o no, para que estas estén todo el tiempo perpendiculares a los rayos de sol.
- Por posición solar: de esta forma, la central da la orden de posición a las placas, por medio de una ecuación en la que según la hora, un ordenador va calculando la posición del sol en todo momento. En este tipo de sistema se habrá de tener en cuenta el lugar donde se instale el sistema.

La misión de la estación meteorológica es medir en todo momento las condiciones climatológicas. Primero para ver si las placas funcionan correctamente, ya que se sabrá si ha sido un día soleado o no, y a partir de aquí ver lo que han producido las placas. La segunda misión, es la de medir la velocidad del viento, para dar la orden de que se ponga horizontal si fuera necesario, como ya se a explicado en el apartado de medidas de seguridad.

Todos estos componentes electrónicos, mandan la información a los motores que accionan los sistemas mecánicos, para hacer mover las placas. Las placas o parrillas de placas pueden moverse de dos formas, por medio de un eje que gira, o por medio de brazos actuadores.

- Seguidores de 1 grado de libertad: en este caso lo más habitual es encontrar un eje, que haga girar la placa. Este eje se pondrá según como gire la placa (dependiendo de los tres tipos explicados antes). La central manda la información al motor, que por medio de un reductor acciona el eje. Este

reductor tendrá que tener una desmultiplicación conocida, ya que sabiendo la velocidad del eje la central dará una orden más larga en el tiempo o menos. Otra forma que también puede usarse, sobre todo para varias placas que no giren un ángulo muy grande, es la de usar un brazo. La central puede mandar la información tanto a una bomba hidráulica, como a un motor lineal.

- Seguidor de 2 grados de libertad: se puede encontrar varias combinaciones de los dos tipos explicados antes (dos ejes, un brazo y un eje, dos brazos...), va en función del tamaño la mayoría de las veces.

Para seguidores no muy grandes se emplea un brazo y un eje. El eje es igual que en el caso anterior, y hace girar las placas de vertical a horizontal. El brazo le da un giro en la trayectoria del sol, de izquierda a derecha. Si el seguidor es más grande, aguanta más placas, se suele emplear dos motores. De esta forma, un eje es igual que siempre, gira las placas de posición vertical a horizontal y esta compuesto de un motor-reductor, que acciona el eje. El otro grado de libertad, es un giro en la vertical, la placa rota sobre sí misma (**Figura 2.7.**). En el mástil que la soporta, se monta un motor con un reductor, pero este en vez de un eje, lleva un piñón que engrana con una corona exterior, y hace girar las placas.

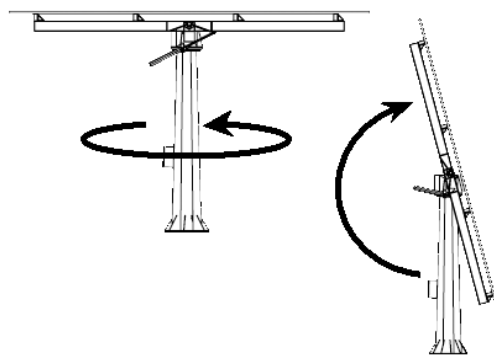


Figura 2.7. Grados de libertad

Con una combinación adecuada de los dos movimientos, en cualquier combinación de mecanismos que se eligiera, se consigue un seguimiento solar casi perfecto.

3. DISEÑO DEL CONJUNTO

Se ha diseñado un seguidor solar de un eje que soporta una placa de 1x2 m de superficie y dispone de un mecanismo para cambiar su orientación a medida que la posición del sol va cambiando a lo largo del día.

Se trata de un seguidor solar de un eje orientado al sur. Ya que un eje está inclinado con respecto a la altura del sol, y el otro eje gira a lo largo del día, siguiendo el movimiento diario del sol. Es un seguidor solar enfocado para consumo propio, y puede colocarse tanto en tejado como en suelo.

3.1. DESCRIPCIÓN

El seguidor se compone de tres partes principales: la de soporte de la placa, la que proporciona el movimiento y la de fijación en el lugar de emplazamiento.

El soporte de la placa se realiza a través de dos perfiles de aluminio unidos por un eje de acero galvanizado (**Figura 3.1.**). El montaje puede realizarse mediante tornillos o utilizando un elemento comercial llamado fijación Hook. Se utilizan perfiles de sección rectangular de 60x30x2 mm y longitud estándar o cortada a medida según las dimensiones de la placa.

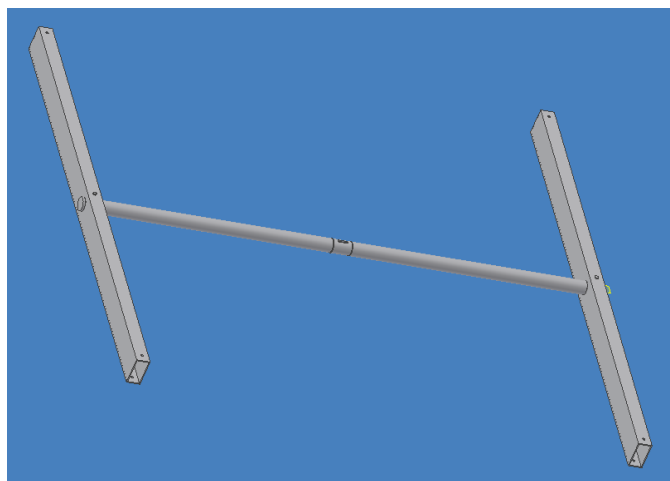


Figura 3.1. Soporte de la placa solar.

Para orientar la placa solar se utiliza un mecanismo de tornillo sinfín-corona que reduce la velocidad de giro de un motor. Éste a su vez, es controlado por un sistema electrónico. Todo el mecanismo va alojado en una carcasa. (**Figura 3.2.**)

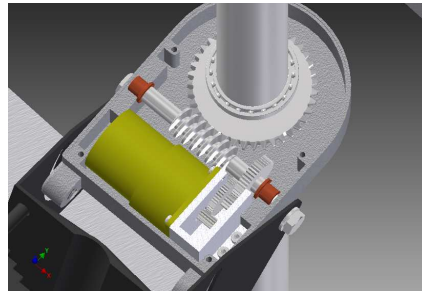


Figura 3.2. Mecanismo motor-reductor.

La corona, el tornillo sinfín y otros engranajes del conjunto reductor se fabrican de Nylon. La carcasa está formada por dos partes y se fabrica de polipropileno inyectado. Tiene una base 110x61 mm y una altura de 155mm, y en su interior se alojan todos los componentes del mecanismo (**Figura 3.3.**).

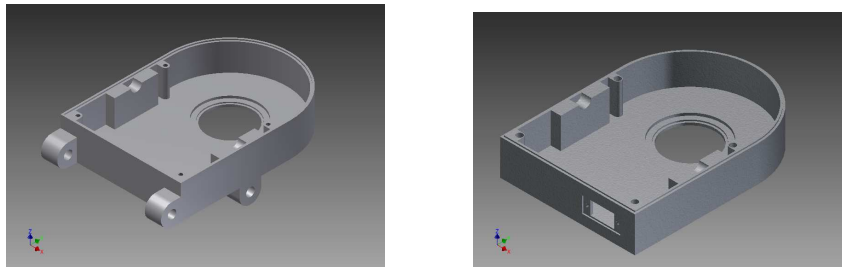


Figura 3.3. Carcasa.

Finalmente, para instalar el conjunto en el punto de emplazamiento se utiliza un mástil y una pieza específica denominada soporte graduado que permite variar manualmente la inclinación de la placa solar.

El soporte graduado se fabrica en chapa de acero inoxidable de espesor 2mm y tiene una ranura con la cual se puede modificar la posición relativa de la carcasa y el resto del conjunto. Está pensado para que el cambio de inclinación se realice sólo una vez en cada estación del año y se sitúe en un ángulo adecuado según la posición del sol. Este ángulo se puede calcular mediante las fórmulas adecuadas. En la **Figura 3.4.** se muestra esta pieza acompañada de los pernos que la anclarán al mástil.

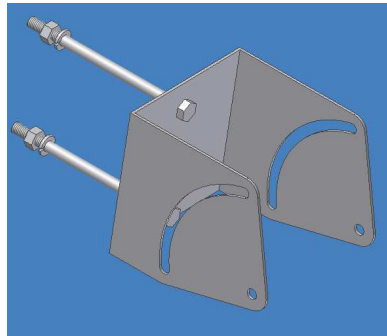


Figura 3.4. Soporte graduado.

El mástil sustentará todo el conjunto. Está construido de acero galvanizado para prevenir oxidaciones y es de perfil rectangular hueco de 60x40x5mm. Se hará a medida de la instalación o tendrá una longitud de 1,5m. Éste se puede fijar al suelo, a una pared o en un tejado.

El movimiento del seguidor solar se produce gracias a un motor y un monitor electrónico de seguimiento. El monitor da información al motor de donde y cuando tiene que moverse, para colocar la placa en la posición en la que le llegue la máxima radiación solar. Esta información se calcula por medio de una ecuación, por la que se sabe donde está el sol en cada momento. La ecuación es:

$$\cos A = \frac{\sin L \cdot \sin h - \sin \delta}{\cos L \cdot \cos h}$$

Donde:

- Ángulo azimutal (A): es el ángulo que este monitor calcula.
- Latitud (L): latitud terrestre en la que está colocado el seguidor solar.
- Altura del sol (h): ángulo de la altura del sol con la superficie terrestre.
- Declinación solar (δ): en función de cada día (D) se calcula con:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left[\frac{360 \cdot (284 + D)}{365} \right]$$

Cada 15 minutos manda la información al motor y hace girar la placa el ángulo calculado. El sol se mueve aproximadamente 15° en una hora, por tanto la placa solar gira 3,75° cada vez que se mueva. El seguidor solar girará a una velocidad de 1,33°/s. Según sea invierno o verano, la placa girará de diferente manera:

- Invierno: el seguidor girará desde las 9 de la mañana hasta las 5 de la tarde, girando 120° a lo largo de todo el día.

- Verano: el seguidor girará desde las 8 de la mañana hasta las 7 de la tarde, girando 165° a lo largo del día.

El conjunto diseñado está preparado para soportar las inclemencias meteorológicas. Su estructura puede resistir la acción del viento hasta rachas de 90Km/h. El cálculo resistente de todos los componentes del conjunto se desarrolla en el apartado siguiente. La nieve no puede acumularse en grandes cantidades ya que la placa solar está inclinada en dos direcciones. En cuanto al granizo, la mayoría de las placas solares se construyen con una capa superior de cristal que es suficientemente resistente para soportar sus impactos.

3.2. PARÁMETROS CARACTERISTICOS Y CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

En este apartado se realizan todas las aclaraciones y justificaciones de la elección y colocación de todas las piezas y elementos del seguidor solar.

Los cálculos se dividen en dos apartados, por un lado se describe la transmisión: todos los elementos que componen la cadena de movimiento, y las fuerzas que influyen. Por otro lado se calculará y comprobará estáticamente, el resto de la estructura.

3.2.1. Cadena de transmisión

Se va a tener en cuenta el par que tiene que soportar el eje para hacer girar la placa solar, y la transmisión de este hasta el motor, así como la velocidad.

- **Par motor en el eje:**

Para calcular los elementos de la cadena lo primero es saber el par que tienen que transmitir. En la **Figura 3.5.** de la derecha se observa el esquema de fuerzas.

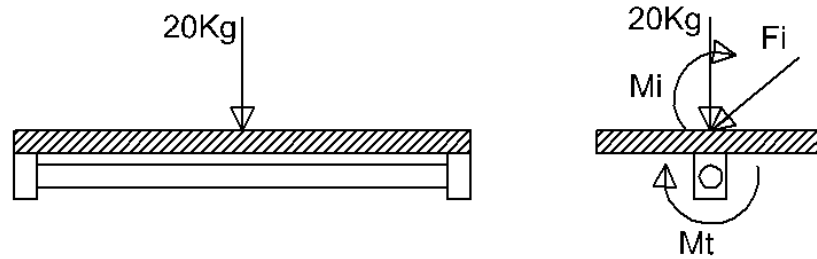


Figura 3.5. Esquema de fuerzas sobre el eje de giro.

Los elementos que giran en el mecanismo son: la placa solar, los dos perfiles de aluminio y el eje. Se tiene que calcular el momento de inercia de los tres elementos. Para ello son necesarias las masas de cada uno: la masa de la placa es 20Kg, la masa de un perfil de aluminio es 1,026Kg y la masa del eje es 6,38Kg.

- Momento de inercia en el eje de giro de la placa solar:

$$I = \frac{1}{12} m a^2 = \frac{1}{12} 20 \cdot 1^2 = 1.67 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

- Momento de inercia de los perfiles de aluminio:

$$I = \frac{m}{2} r^2 = \frac{1.026}{12} 1.052^2 = 0,095 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

- Momento de inercia del eje:

$$I = \frac{m}{2} r^2 = \frac{6.38}{12} 0.015^2 = 0,00012 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

Inercia total: **1.86Kg m^2**

El par que se ha de realizar para mover la placa ese ángulo es:

$$Mt = I \cdot \frac{\omega}{t}$$

En cuanto al movimiento de giro de este sistema, la velocidad es muy lenta y el tiempo que se mueve también. Por ello para calcular la aceleración, se hace una aproximación, que consiste en: como la aceleración es velocidad partido por tiempo, se sustituye la aceleración angular, por la velocidad angular entre el tiempo que está girando el mecanismo. Para una mayor precisión, la velocidad angular se

divide entre la mitad del tiempo de giro, contando que la mitad del tiempo de giro es aceleración, y la otra mitad es deceleración.

El seguidor gira 15° cada hora, al igual que el sol. Según el funcionamiento del sistema de movimiento del seguidor, descrito en el apartado anterior, el seguidor se desplaza cada vez que se mueve: $3,75^\circ$, y lo hace a una velocidad de $1,33^\circ/s$. Entonces el tiempo que tarda en describir este movimiento es de 2.819s, y el tiempo de aceleración es 1,41s.

Con todos estos datos, y la ecuación anterior, se obtiene que el par torsor en el eje para mover la placa solar es:

$$M_t = 1.86 \cdot \left(\frac{1.33 \cdot 2\pi}{360 \cdot 1.41} \right) = 0.031 N \cdot m$$

Y la velocidad de giro del eje es: $\omega = 1.33^\circ / s \rightarrow 0.22 rpm$

- **Elementos de la cadena de transmisión:**

Con estos dos datos se elige el motor y la relación de engranajes de la transmisión.

El motor seleccionado tiene las siguientes características:

- Velocidad de giro en carga máxima: 17rpm
- El par máximo a máxima eficiencia: 0.4Nm
- La alimentación es corriente continua a 12V

Con este motor se tiene que pasar las 17rpm a 0.22rpm:

$$i = \frac{17}{0.22} = 77.27$$

La transmisión se compone de 2 engranajes cilíndricos de dentado recto, y un tornillo sinfín con corona. Las características de cada uno son:

- El engranaje de diente recto que sale del motor: $Z=15$; Módulo=1
- El engranaje de diente recto que mueve el sinfín: $Z=29$; Módulo=1
- Tornillo sinfín: $Z=1$; Módulo axial=1.5
- Corona: $Z=40$; Módulo circunferencial=1.5

Según los dientes de los engranajes, la relación de transmisión es:

$$i = \frac{29 \cdot 40}{15} = 77.33$$

Se comprueba si el motor es capaz de vencer el par resistente:

$$M_{motor} = \frac{0.031 Kgm}{77.33} = 0.0004 Kgm \rightarrow 0.004 Nm$$

El par resistente es menor que el que el par motor.

- **Comprobación de lo engranajes:**

Se va a calcular si los engranajes son capaces de transmitir este par sin romperse. Se comprueba únicamente la corona, debido a que es la que transmite un par mayor, ya que éste se va desmultiplicando hasta llegar al motor, y está hecho del material menos resistente, Nylon ($8Kp/mm^2$), mientras que las otras dos ruedas están fabricadas en Nylon reforzado con un 25% de fibra de vidrio ($18Kp/mm^2$). Para esta comprobación, se va a utilizar el par del motor, porque es el par máximo que puede sufrir la transmisión.

Los datos de la corona son:

Propiedades de la corona	
Espesor (b)	5mm
Diámetro primitivo (Dp)	60mm
Número de dientes (Z)	40
Momento torsor (Msc)	40Kpmm
Factor de forma (y)	0.123
Módulo (M)	1.5

Mediante la siguiente ecuación, se comprueba si la resistencia necesaria en la corona es menor a la que ofrece el Nylon:

$$M = \frac{2 \cdot M_{sc}}{D_p \cdot b \cdot \pi \cdot y \cdot \sigma} \Rightarrow \sigma = \frac{2 \cdot 40}{60 \cdot 5 \cdot \pi \cdot 0.123 \cdot 1.5} = 0.46 Kp / mm^2$$

El material elegido cumple, ya que la resistencia necesaria es muy inferior a la del material. Por esta razón, los otros dos engranajes resistirán sin problemas, por

lo explicado antes. Debido a la baja resistencia necesaria en el material, el tornillo sinfín también va a fabricarse de Nylon. Como módulo se ha elegido 1.5 en vez de 1, por cuestiones de diseño, ya que con módulo 1, el resto de engranajes eran de menor diámetro, y no llegaban a engranar.

3.2.2. Dimensionado estático

Para justificar la elección de los distintos elementos que componen el seguidor solar, así como el dimensionamiento de las piezas fabricadas en el taller, se comprueba a continuación que todos los elementos cumplen una serie de condiciones. Estas condiciones aseguran que la estructura va a soportar las fuerzas que se estiman necesarias para un funcionamiento normal y correcto.

La condición que tienen que cumplir los materiales y las dimensiones propuestas, son: que no tengan un coeficiente de seguridad menor de 3. Este coeficiente de seguridad se creó suficiente para que la estructura no rompa, ya que las fuerzas están ligeramente aumentadas respecto a las que la estructura soportará durante su trabajo.

Para este estudio se colocan sobre la estructura las siguientes fuerzas, que son las máximas con las que se prevé que trabajará:

- Una fuerza de 20Kg, vertical y hacia abajo. Es el peso de la placa solar, no se podrá colocar una placa solar que supere los 20Kg, pero normalmente las placas de 2m² no llegan a este valor.
- Una fuerza vertical y hacia abajo de 2,052Kg. Es el peso de los dos perfiles de aluminio.
- El peso del eje: 6,38Kg. Vertical y hacia abajo.
- La última fuerza vertical y hacia abajo es el peso del mástil, pero en este elemento la fuerza se evalúa como una carga distribuida a lo largo de todo el perfil, de 6,56Kg/m. En los elementos anteriores se contabilizaba como una fuerza puntual en el centro, porque esa aproximación no conlleva apenas error.

En el resto de elementos no se contabiliza su peso, ya que es muy pequeño comparado con estos.

- La fuerza de la resistencia que opone la placa solar a una velocidad de aire dada, se toma una velocidad máxima de 90Km/h, ya que se ha creído una velocidad considerablemente alta. Esta fuerza va en función del ángulo de inclinación de la placa, a mayor ángulo (placa vertical) la superficie enfrentada al aire será máxima. Este ángulo corresponde a la altura del sol, y se varía en cada estación del año, y según la latitud terrestre. Por tanto dependiendo del lugar en el que se instale tendrá unos valores u otros. Para que el seguidor pueda trabajar en cualquier parte del mundo sin ningún problema de resistencia, se va a calcular la fuerza para un ángulo de la placa de 90°. No se contabiliza una hipotética carga de nieve, ya que al moverse la placa y estar inclinada, la nieve se caería, y la estructura no tendría que soportar un peso adicional excesivo.

Esta fuerza del aire se va a suponer como una fuerza puntual en el centro de la placa, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$F_{aire} = P \cdot S \cdot \text{Sen}\alpha$$

- (P) es la presión del aire, que para 90Km/h es de 39Kp/m²
- (S) es la superficie de la placa 2x1=2m.
- (α) es el ángulo al que está girada la placa respecto a la horizontal.

En este caso a estudiar, el ángulo que está girada la placa es 90°, como ya se ha explicado anteriormente. Con estos datos la fuerza horizontal del aire es 78Kp.

Aunque para la fuerza del aire se use un ángulo de 90°, para la comprobación, las fuerzas se van a calcular con la estructura a 53°, ya que este ángulo es el máximo al que trabajará la placa, y por tanto en el que más fuerza soportarán los apoyos.

Este ángulo de 53° se da en invierno, en esa estación el sol tiene una menor altura. Entonces para que estos rayos incidan perpendicularmente a la superficie de la placa solar, ésta tendrá que tener un mayor ángulo con la horizontal. En la **Figura 3.6.** se ve la explicación:

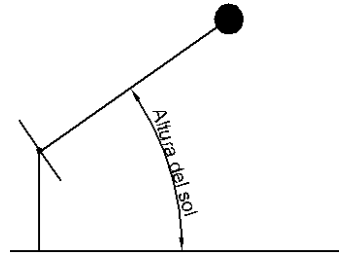


Figura 3.6. Altura del sol.

El ángulo de 53° ha sido calculado de la siguiente manera:

- Primero se calcula la altura del sol el 21 de diciembre, día que comienza el invierno (cuando el sol está más bajo).
- Segundo, se calcula la altura el 20 de marzo, día que termina el invierno. Y con estos dos ángulos se obtiene la media, y ese es el ángulo al que se ha de inclinar la placa durante el invierno.

Para calcular estos ángulos, primero se calcula un ángulo que va en función del día del año que es, será " δ ":

- 21 de Diciembre:
Número de día: $365-10=355$

$$\delta = 23.45 \cdot \text{Sen} \left[\frac{360 \cdot (284 + 355)}{365} \right] = -23.45^\circ$$

- 20 de Marzo:
Número de día: $31+28+20=79$

$$\delta = 23.45 \cdot \text{Sen} \left[\frac{360 \cdot (284 + 79)}{365} \right] = -0.807^\circ$$

A continuación se calcula el ángulo de altura del sol, donde " L " es la latitud, en este caso se calcula para España y se usa un promedio de 41° y " H " es el ángulo horario del sol, que para las 12h, cuando más alto está, vale 0° :

- 21 de Diciembre:
 $\text{Sen} h = \text{Sen} L \cdot \text{Sen} \delta + \text{Cos} L \cdot \text{Cos} H \cdot \text{Cos} \delta \rightarrow h = 25.55^\circ$
- 20 de Marzo:
 $\text{Sen} h = \text{Sen} L \cdot \text{Sen} \delta + \text{Cos} L \cdot \text{Cos} H \cdot \text{Cos} \delta \rightarrow h = 48.193^\circ$

Estos ángulos son los del sol con la horizontal, los de la placa serán estos ángulos menos 90° , haciendo esto y sacando la media, el ángulo al que trabajará la placa durante el invierno es: 53° .

A continuación, con todo lo explicado, se va a comprobar la estructura.

Las fuerzas que soporta la placa solar se ven en la **Figura 3.7.:**

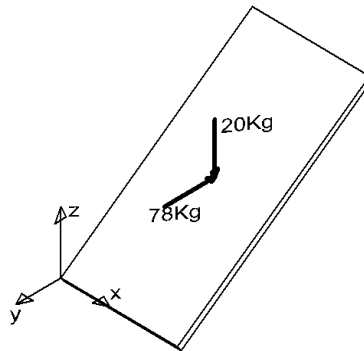


Figura 3.7. Fuerzas que actúan sobre la placa solar.

- **Travesaños de aluminio y eje:**

En este apartado se va a comprobar si los perfiles de aluminio y el eje soportan las fuerzas siguientes: 20Kg de la placa solar, 78Kg de la presión del aire, 1,026Kg de peso de cada perfil de aluminio y 6,38Kg del peso del eje.

Para simplificar la repartición de fuerzas en los 4 apoyos de la placa, se supone que esta no tiene espesor, ya que es muy pequeño comparado con las otras dos dimensiones de la placa, y que se apoya puntualmente en los 4 extremos de los perfiles de aluminio. Sobre estos extremos caerá una fuerza vertical de 5Kg y una horizontal de 19.5Kg. Y sobre el centro de estos perfiles, caerá su peso de 1,026Kg.

Las fuerzas que soportan los perfiles de aluminio (**Figura 3.8.**) son:

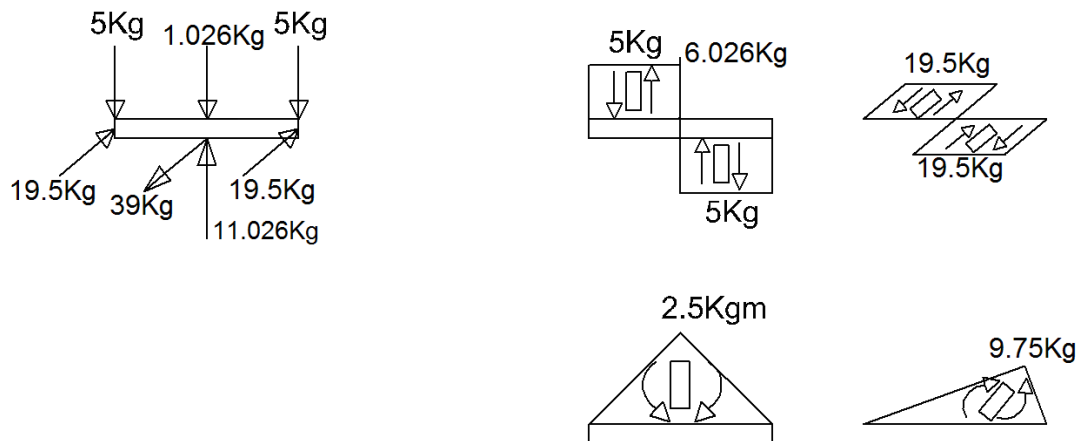


Figura 3.8. Fuerzas y diagramas de esfuerzo de los perfiles de aluminio.

Los diagramas de la derecha, corresponden a la fuerza del aire en dirección horizontal, y los diagramas de la izquierda, corresponde al peso, en dirección vertical.

Los esfuerzos que recibe el eje (**Figura 3.9.**) son:

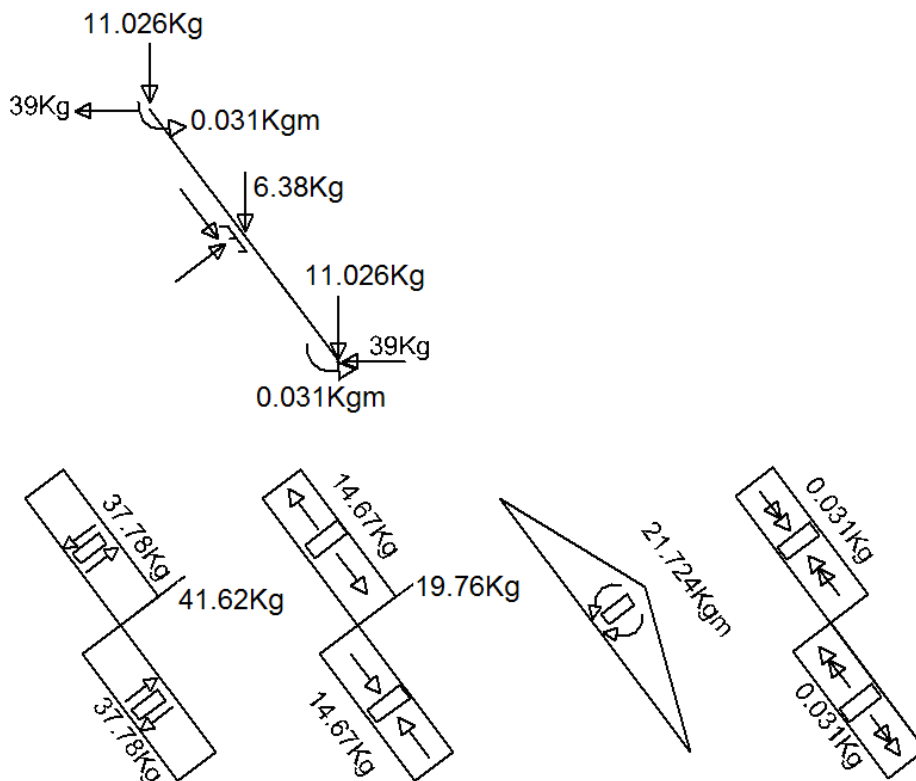


Figura 3.9. Fuerzas y diagramas de esfuerzo del eje.

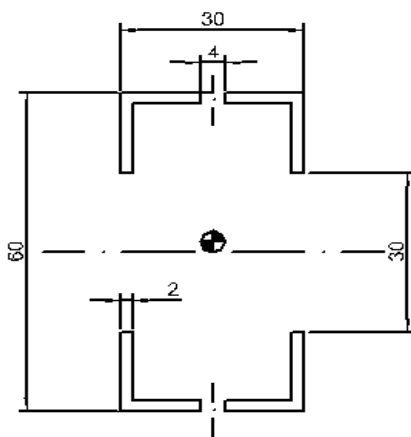
Las fuerzas que actúan en el eje son las que pasan de la unión con el perfil de aluminio, y el momento torsor que hace girar la placa. En el perfil de aluminio no se

ha tenido en cuenta el momento torsor, ya que es muy pequeño comparado con las fuerzas ya representadas.

Una vez calculadas las fuerzas, hay que calcular las inercias y momentos resistentes de ambas secciones, eje y perfiles de aluminio, en su punto más desfavorable. En ambos casos, el punto más desfavorable, es la sección central.

En el perfil de aluminio (**Figura 3.10.**), hay que contar que en la sección central tiene dos orificios para su anclaje al eje, los cuales reducirán la sección resistente, mientras que el eje será la sección circular integra.

- Perfiles de aluminio:



Estos perfiles tienen una resistencia de 16Kp/mm^2 y son rectangulares de: $60 \times 30 \times 2\text{mm}$. Y tiene $1,052\text{m}$ de longitud. Tienen un orificio circular de 30mm de diámetro en la cara que mide 60mm , y tienen otro orificio de diámetro 4mm en cada cara.

Área del perfil: 208mm^2

Figura 3.10. Sección del perfil de aluminio.

El centro de gravedad está en el centro del perfil.

$$InerciaX = 137037.36\text{mm}^4$$

$$InerciaY = 29397.3\text{mm}^4$$

- Eje:

El eje es una barra de diámetro 30mm , y el material es Acero Galvanizado, el acero es F-1120 Normalizado, con una resistencia a la fluencia de 27Kp/mm^2 . Y longitud 1150mm .

$$\text{Área} = 706.858\text{mm}^2$$

$$\text{Módulo resistente a flexión (Wz)} = 2650.72\text{mm}^3$$

Módulo resistente a torsión (W_0)= 5301.44mm³

Por último, se calculan las tensiones que soporta cada elemento, y aquí se comprobará si el coeficiente de seguridad es apto o se tiene que cambiar algún parámetro.

- Perfiles de aluminio:

En la sección central de perfil de aluminio (**Figura 3.11.**) hay momentos en dos planos distintos, pero no hay axil. El momento en el eje x del perfil es 2,5Kgm y el momento en el eje y del perfil es 9.75Kgm. En este caso el cortante tampoco se tiene en cuenta.

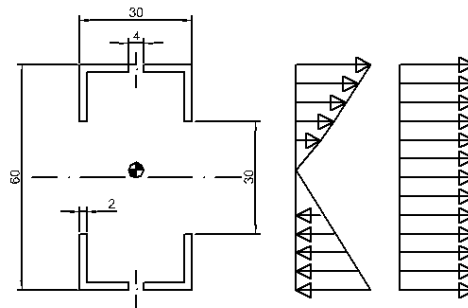


Figura 3.11. Fuerzas sobre en la sección más desfavorable.

$$\sigma_{tracción} = \frac{2500}{137037.36} \cdot 30 + \frac{9750}{29397.3} \cdot 15 = 5.52 Kp / mm^2$$

$$\text{El coeficiente de seguridad es: } C_s = \frac{16}{5.52} = 2.9$$

La condición de cálculo es que el coeficiente de seguridad fuera 3 o mayor, pero en este caso es 2.9. Teniendo en cuenta que es muy próximo, y que se utilizan para el cálculo una fuerza mayor a la de trabajo, se da por valido.

- Eje:

En el punto más desfavorable del eje (**Figura 3.12.**), en la sección central, actúan: un momento torsor máximo de 0.031Kgm y un momento flector de 21.724Kgm y un axil de 14.67Kg

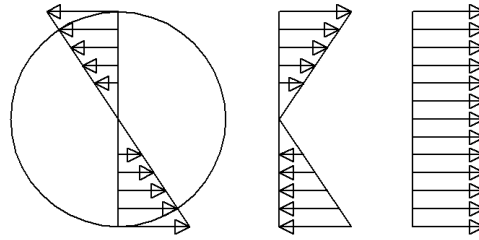


Figura 3.12. Fuerzas sobre la sección más desfavorable.

$$\sigma_f = \frac{Mf \max.}{W_z} = \frac{19.76}{706.86} + \frac{21724 Kpmm}{2650.72 mm^3} = 8.22 \frac{Kp}{mm^2}$$

$$\tau_T = \frac{Mt \max}{W_0} = \frac{31 Kpmm}{5301.44 mm^3} = 0.0058 \frac{Kp}{mm^2}$$

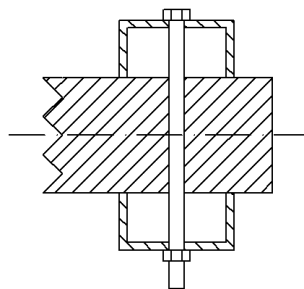
Aplicando la teoría de cortante máximo, el coeficiente de seguridad es:

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{8.22^2 + 4 \cdot 0.0058^2} = 8.22 \frac{Kp}{mm^2} \rightarrow C_s = \frac{27}{8.22} = 3.28$$

El coeficiente de seguridad cumple con la condición presupuesta al principio.

- **Tornillo que unen el perfil de aluminio con el eje:**

Este tornillo fija la unión entre estos dos elementos, pasando el tornillo atravesando agujeros pasantes en ambos elementos. Impide que el eje se salga, y hace que se muevan solidarios uno a otro. Esta unión se aprecia en la **Figura 3.13.**



**Figura 3.13. Unión atornillada
eje-perfil de aluminio.**

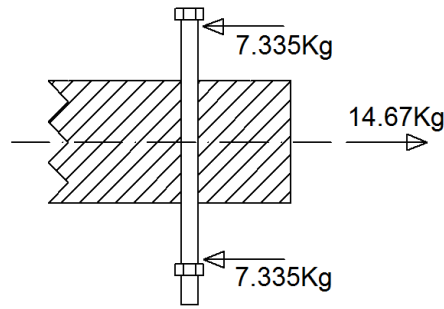


Figura 3.14. Fuerza del axil.

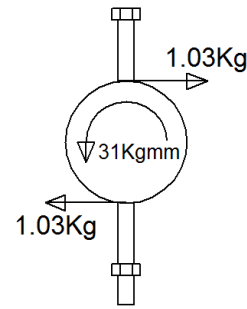


Figura 3.15. Fuerza del torsor.

Las fuerzas de la **Figura 3.14.** las genera la fuerza axil del eje, y las fuerzas de la **Figura 3.15.**, se producen por el par torsor del movimiento del sistema.

La fuerza total que actúa sobre el pasador es: $F_p = \sqrt{7.335^2 + 1.03^2} = 7.41Kp$

La tensión que soporta el pasador es: $\sigma = \frac{F_p}{A} = \frac{7.41}{\pi \cdot 2^2} = 0.59Kp/mm^2$

Los tornillos son de acero inoxidable A2, de resistencia $70Kp/mm^2$, de métrica 4, y de longitud 70mm. Con esa resistencia el tornillo resistirá sin problemas los esfuerzos a los que está sometido.

- **Carcasa:**

Lo siguiente a calcular son los apoyos del eje a la carcasa. Esta carcasa está colocada en el centro del eje, y dentro de ella va montada toda la transmisión.

Las fuerzas que soporta son (**Figura 3.16.**):

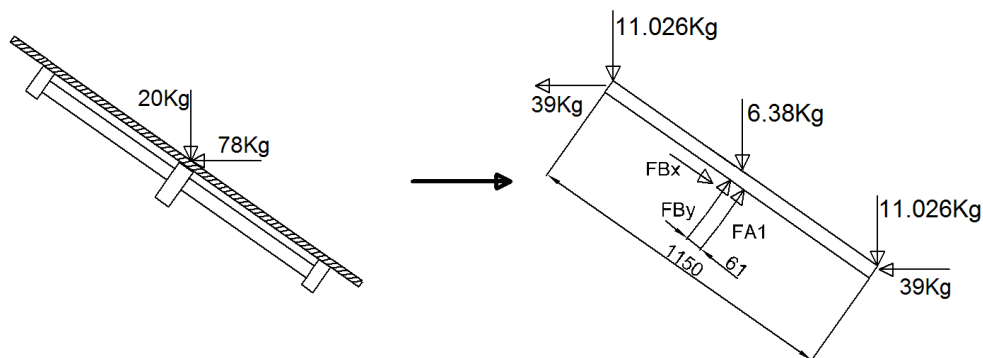


Figura 3.16. Fuerzas en los apoyos del eje.

Las fuerzas que soportan los apoyos se aproximan a que ambos apoyos soportan fuerzas cortantes, pero solo el apoyo B soporta fuerzas axiales.

Mediante momentos en el apoyo B se obtiene:

$$F_A = 39.7 \text{ Kg}$$

$$F_{By} = 39.7 \text{ Kg}$$

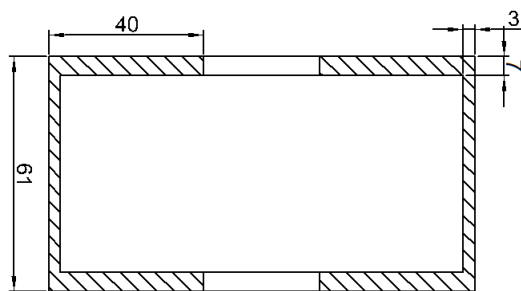
$$F_{Bx} = 24.25 \text{ Kg}$$

Se calcula como si fuera un pasador. Como lo que se quiere calcular es la carcasa, se calcula a aplastamiento, que es donde interviene la resistencia de ésta. El espesor de la carcasa que soporta al eje es de 7mm por cada lado. La

tensión que habrá de soportar la carcasa es: $\sigma = \frac{F_{\max}}{e \cdot d} = \frac{39.7}{7 \cdot 30} = 0.19 \text{ Kp/mm}^2$

La carcasa se fabrica de polipropileno, de resistencia mecánica 3 Kp/mm^2 , suficiente para soportar la tensión anterior.

Las fuerzas calculadas, sobre la carcasa, producen compresión a lo largo de las paredes, por tanto también hay que comprobar si debido a esta fuerza la carcasa no se partirá. Para esto hay que calcular la superficie que aguanta estas fuerzas, cortando por el eje del agujero de la carcasa en el que va el eje, ya que en esta parte el área (**Figura 3.17.**) será la mínima queda:



$$\begin{aligned} \text{Área} &= 40 \cdot 5 \cdot 4 + (61 - 5 - 5) \cdot 3 \cdot 2 = \\ &= 1106 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{39.7 + 39.7}{1106} = 0.072 \text{ Kp/mm}^2$$

Figura 3.17. Área resistente de la carcasa.

En esta comprobación se ve que la tensión solicitada es muy inferior a la anterior, así que romperá antes por aplastamiento, que por compresión.

A continuación se van a calcular los apoyos sobre los que se sujeta la carcasa, que van sobre dos tornillos, y estos sobre la placa soporte graduada. En primer lugar, como en los casos anteriores, será calcular las fuerzas que soportan estos

apoyos (**Figura 3.18.**), y después ver si la carcasa de polipropileno puede soportar esas tensiones.

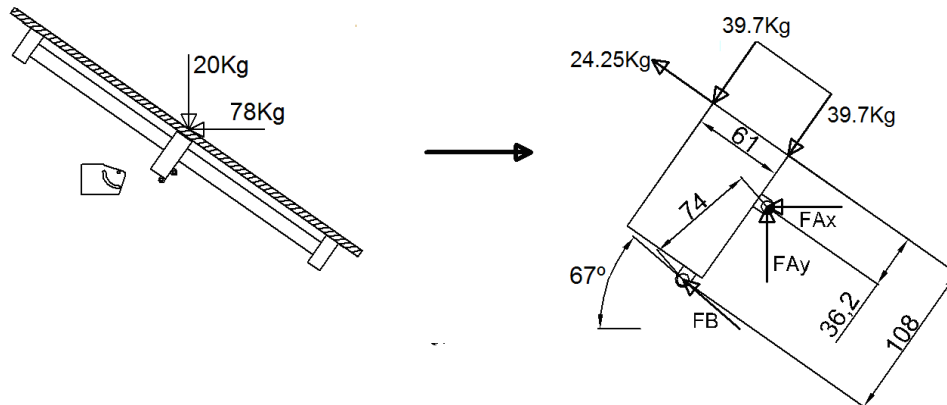


Figura 3.18. Fuerzas en los apoyos de la carcasa con la chapa soporte.

En la **Figura 3.18.** se ve la carcasa con las fuerzas, que es el sistema que se va a resolver. En la **Figura 3.18.** a la izquierda se ve que la carcasa de Polipropileno apoya sobre la placa soporte graduada, que un apoyo va sobre un agujero y el otro sobre una ranura, para poder regular el ángulo de giro de la placa. Estos apoyos soportan 3 fuerzas, el apoyo B el del agujero, soporta dos fuerzas en x y en y, pero el apoyo A el de la ranura, solo soporta fuerza en la dirección perpendicular al otro agujero. Ya que esta fuerza solo impide el giro de la estructura.

Se hace equilibrio de momentos sobre el apoyo A y se obtiene el valor de F_B , y después con equilibrio de fuerzas se calcula el valor de las fuerzas del apoyo A.

$$F_B = 53.17\text{Kg}$$

$$F_{Ay} = -20.53\text{Kg}$$

$$F_{Ax} = -98.77\text{Kg}$$

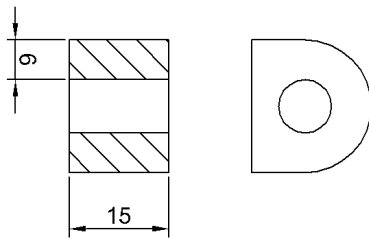
La fuerza total que soporta el apoyo A es: $F_A = \sqrt{20.53^2 + 98.77^2} = 100.88\text{Kg}$

Es la mayor fuerza de las dos. La superficie que lo soporta es de Polipropileno, de resistencia 3Kp/mm^2 , la longitud del orificio es 30mm, y el diámetro 8mm, al querer determinar la resistencia necesaria en la carcasa, se va a calcular a aplastamiento, con los parámetros anteriores:

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{e \cdot d} = \frac{100.88}{30 \cdot 8} = 0.42\text{Kg/mm}^2 \rightarrow C_s = \frac{3}{0.42} = 7.14$$

El coeficiente de seguridad obtenido es valido. Al igual que en el caso anterior, es demasiado grande, pero no se puede reducir sección, porque haría muy difícil la construcción.

Para ver si el espesor del apoyo (**Figura 3.19.**) es suficiente, se comprueba a tracción.



La longitud es de 15mm, y el espesor de 6mm por cada lado:

$$\text{Área} = 15 \cdot 6 \cdot 2 = 180 \text{ mm}^2$$

Al ser dos apoyos, el área que soporta la fuerza será el doble.

Figura 3.19. Área resistente de los apoyos.

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{100.88}{360} = 0.28 \text{ Kg/mm}^2 \rightarrow Cs = \frac{3}{0.28} = 10.71$$

El coeficiente de seguridad es muy alto, con lo cual si rompe será por aplastamiento.

- **Pernos:**

Estos pernos unen la carcasa a la chapa soporte graduada, para su comprobación se realiza un cálculo a cortadura.

Los pernos tienen que ser de métrica 8, mismo diámetro que los orificios de la carcasa. Estos pernos son de acero galvanizado blanco, y tiene un límite elástico de 6.5Kg/mm².

Las fuerzas obtenidas anteriormente eran:

$$F_B = 53.17 \text{ Kg}$$

$$F_{Ay} = -20.53 \text{ Kg}$$

$$F_{Ax} = -98.77 \text{ Kg}$$

$$\text{La fuerza total que soportaba el apoyo A: } F_A = \sqrt{20.53^2 + 98.77^2} = 100.88 \text{ Kg}$$

Que es la mayor fuerza de las dos. El tornillo está expuesto a doble cortadura (**Figura 3.20.**), por lo tanto la fuerza será la mitad de la máxima, como se ve en la siguiente figura:

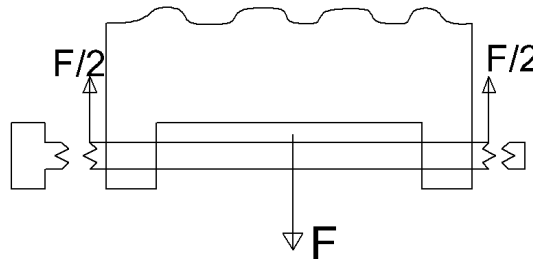


Figura 3.20. Fuerzas cortantes sobre los pernos.

$$\sigma = \frac{F_{\max}/2}{\pi \cdot r^2} = \frac{100.88/2}{\pi \cdot 4^2} = 1.003 \text{ Kg/mm}^2 \rightarrow C_s = \frac{6.5}{1.003} = 6.48$$

El coeficiente de seguridad en este caso es demasiado elevado. La solución sería reducir el diámetro del perno, pero se ha elegido este diámetro por la longitud del mismo, para pernos de menor diámetro es muy difícil encontrar pernos tan largos y se habría de poner en vez de un perno dos, uno para cada apoyo de la carcasa y esto dificultaría el montaje.

- **Chapa soporte graduada:**

Esta chapa une la carcasa anterior por medio del perno, al mástil que ancla la estructura al suelo. En este elemento se calcularán 2 partes, primero en los apoyos al perno anterior, y en segundo lugar la unión chapa mástil.

En primer lugar se va a comprobar si el apoyo de los orificios soporta las fuerzas. El apoyo de la ranura no se calcula, ya que éste no aguanta la fuerza tal cual, sino que mediante la presión y el rozamiento del perno que va en el, ejerce la fuerza en la dirección tangente a la circunferencia que describe dicha ranura.

Para el cálculo de las fuerzas del orificio, se calculan las fuerzas que pasan de la carcasa a cada uno de los dos apoyos. Estas fuerzas se transmiten por medio de los pernos. El esquema de fuerzas en la carcasa es el de la **Figura 3.21.:**

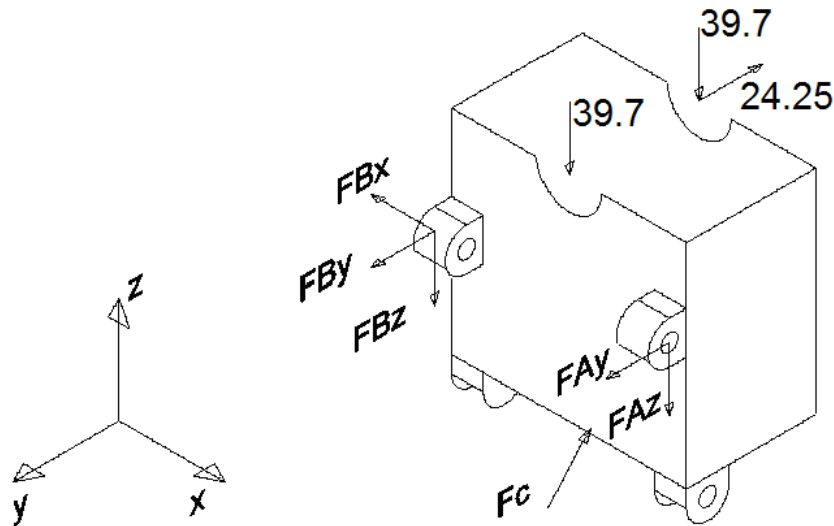
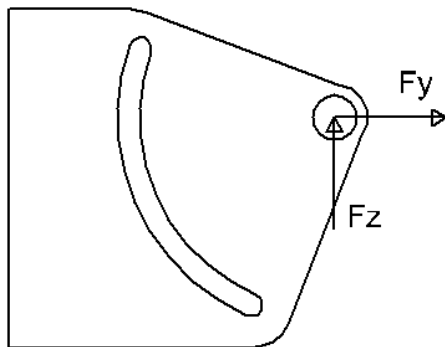


Figura 3.21. Fuerzas en los apoyos de la carcasa.

Las medidas de la carcasa son las mismas con las que se ha resuelto en el apartado de la carcasa, y de apoyo A al B son 110mm, que no aparece.

Las fuerzas en los apoyos son:

$$\begin{aligned} F_C &= 53.17\text{Kg} & F_{By} &= 37.92\text{Kg} \\ F_{Bx} &= 0\text{Kg} & F_{Bz} &= -33.27\text{Kg} \\ F_{Ay} &= 37.92\text{Kg} & F_{Az} &= -33.27\text{Kg} \end{aligned}$$



Las fuerzas resultantes son:

Fuerza resultante en A:

$$F_A = \sqrt{37.92^2 + 33.27^2} = 50.45\text{Kg}$$

Fuerza resultante en B:

$$F_A = \sqrt{37.92^2 + 33.27^2} = 50.45\text{Kg}$$

Figura 3.22. Fuerzas sobre la chapa soporte.

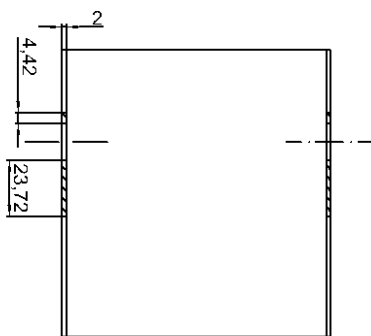
El diámetro del orificio es de 8mm, y el espesor de la placa es de 2mm, el material de la placa es acero F-1100 y tiene una resistencia de 23Kp/mm².

Se calcula primero a aplastamiento, la fuerza máxima que soporta es 50.45Kg.

$$\sigma = \frac{F \max}{e \cdot d} = \frac{50.45}{2 \cdot 8} = 3.15\text{Kg/mm}^2 \rightarrow C_s = \frac{23}{3.15} = 7.3$$

El coeficiente de seguridad es 7.3, aceptable para la comprobación ya que supera ampliamente el valor 3 establecido como mínimo.

Ahora se va a calcular para tracción, para comprobar si la superficie más pequeña soporta la fuerza. La superficie menor es para la fuerza horizontal, y se va a comprobar en el apoyo A, ya que en este se da la mayor fuerza. Hay que tener en cuenta que las fuerzas de la carcasa están giradas 53° con respecto a las de la chapa soporte. Debido a esto, la fuerza horizontal en la chapa es 49.39Kg. Esta superficie es de espesor 2, y como se ve en la figura siguiente, tiene una sección de longitud 4.42mm y 23.72mm.



El área resistente es **(Figura 3.23.):**

$$\text{área} = (23.72 + 4.42) \cdot 2 = 56.28 \text{ mm}^2$$

Figura 3.23. Área que resiste las fuerza de tracción.

La tensión que soporta es:
$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{49.39}{56.28} = 0.88 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

No se evalúa el coeficiente de seguridad, porque esta resistencia es menor que la que soportaba a aplastamiento.

El otro apoyo que se a de evaluar en la chapa soporte, es el apoyo de ésta con el mástil. Esta unión se realiza por medio de dos tornillos en la parte trasera de esta placa. Se calcularán las fuerzas en estos dos apoyos **(Figura 3.24.)** a partir de las fuerzas anteriores, del apoyo con la carcasa, las fuerzas de la carcasa están giradas 35° , y hay que pasarlas a los ejes de la chapa graduada:

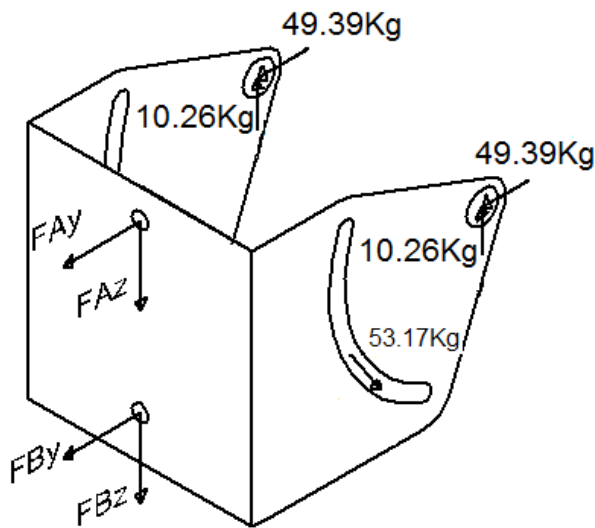


Figura 3.24. Fuerzas sobre la unión Chapa-Mástil.

Las medidas son:

- Entre los apoyos A y B 85mm.
- Del B a la parte inferior 22mm.
- De A o B a uno de los dos lados hay 57mm.
- Del apoyo del orificio a la parte inferior 83mm, y a la parte trasera 117mm.
- De Fc a la parte inferior 54.17mm y a la parte trasera 48.83mm.

Para hallar las fuerzas se realiza equilibrio de momentos en dos ejes:

$$F_{AY} = -63.16\text{Kg} \quad F_{BY} = -14.85\text{Kg}$$

Para calcular la fuerza en la dirección z se calcula una única reacción vertical, y se divide para el número de tornillo que lleva la unión:

$$F_{BY} = F_{AY} = -28.42/2 = -14.21\text{Kg} \text{ esta fuerza es vertical y hacia arriba.}$$

No es necesario hacer ningún cálculo en esta unión para la chapa soporte, ya que la fuerza que influye en ella es la vertical y es mucho más pequeña que la del apoyo con la carcasa, el calculado anteriormente. La fuerza mayor que es la horizontal, solo influye en los tornillos de sujeción que se calculan a continuación.

- **Tornillo que une la chapa soporte con el mástil:**

En este apartado se va a calcular los tornillos que han de colocarse en esa unión. Estos tornillos están solicitados a flexión, y por tanto sufre esfuerzos cortantes y a tracción.

Para el cálculo se va a trabajar con el tornillo más solicitado, que es el B del apartado anterior. Este tornillo soporta 14.21Kg a cortante, y 63.16Kg a tracción.

Para el cálculo de tornillos es necesario tener en cuenta la precarga inicial en el tornillo (F_i), y la constante de rigidez de la unión (C).

La F_i es $F_i = 0.75 \cdot F_{lim}$ el 0,75 se coge porque se quiere una unión desmontable, donde la F_{lim} es la máxima fuerza que puede soportar ese tornillo, que es la resistencia del material por el área resistente de este:

$$A_r = \pi \left(\frac{d - 0.9381 \cdot p}{2} \right)^2$$

El $d=8$ y el paso es 1.25 por tanto el $A_r=36.6\text{mm}^2$. Los pernos son de acero inoxidable, de resistencia 70Kp/mm^2 . Con esto la $F_i=1921.5\text{Kp}$

Para calcular la constante de rigidez de la unión, es necesario tener en cuenta datos tanto de la unión como del tornillo, y es $C = \frac{K_p}{K_p + K_u}$

Donde K_p se obtiene de: $\frac{1}{K_p} = \frac{4}{\pi E} \left[\frac{L_c + 0.4d_c}{d_c^2} + \frac{L_r + 0.4d_r}{d_r^2} \right]$ esta expresión

solo contiene datos del tornillo, y son:

Lc (mm)	Dc (mm)	Lr (mm)	Dr (mm)	E (a. inox.)
53	8	22	$8 - 0.9381 \cdot 1.25 = 6.83$	21000Kp/mm^2

$$K_p = 11711.55\text{Kp/mm}^2$$

Para K_u hay que tener en cuenta el tornillo y la unión:

$$K_{ui} = \frac{\pi \cdot E_i \cdot d_c \cdot \tan \alpha}{\ln \left[\frac{(2 \cdot L_i \cdot \tan \alpha + d_i - d_c)(d_i + d_c)}{(2 \cdot L_i \cdot \tan \alpha + d_i + d_c)(d_i - d_c)} \right]}$$

- D_i : diámetro de la cabeza del tornillo o tuerca.
- L_i : anchura de ambas partes unidas.

K_u para la chapa soporte graduada, de anchura 2mm y ángulo de 40° :

$$K_{uc} = 1212278.045\text{Kp/mm}^2$$

K_u para el mástil, de anchura 60mm, y el resto de datos, lo mismos:

$$K_{um} = 342214.18\text{Kp/mm}^2$$

$$\text{La } Ku \text{ total: } \frac{1}{Ku} = \frac{1}{1212278.045} + \frac{1}{342214.18} \rightarrow Ku = 266877.33 \text{ Kp/mm}^2$$

Con los datos anteriores la $C=0.042$.

Ahora con lo hallado y la fuerza de tracción máxima en el tornillo se obtiene la fuerza total a tracción, a la que está solicitado el tornillo:

$$F_{total, A} = Fi + C \cdot FA = 1921.5 + 0.042 \cdot 63.16 = 1924.15 \text{ Kp}$$

Con esta fuerza, calculada con la fuerza cortante del apartado anterior (10Kp) y con el área resistente calculada al principio de este apartado (36.6 mm^2), se halla la tensión tangencial y normal:

$$\tau = \frac{14.21}{36.6} = 0.39 \text{ Kp/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{1924.66}{36.6} = 52.57 \text{ Kp/mm}^2$$

Mediante la hipótesis de cortante máximo se calcula la tensión total:

$$\sigma = \sqrt{52.57^2 + 4 \cdot 0.39^2} = 52.58 \text{ Kg/mm}^2 \rightarrow Cs = \frac{70}{52.58} = 1.33$$

El coeficiente de seguridad es 1.33, no es tan elevado como en el resto de la estructura, pero para tornillos a flexión es suficiente. Además cuenta con dos tornillos, así que si uno se llegara a romper aun quedaría el otro para reparar la unión antes de que se rompiera del todo.

- **Mástil:**

El mástil es el elemento que une la estructura al suelo. En su parte inferior va anclado al suelo de distintas maneras, y en su parte superior va atornillado a la chapa soporte graduada calculada en el apartado anterior.

El mástil puede anclarse de distintas maneras y a distintos lugares. Los dos sitios más frecuentes son: al suelo en un pie de cemento, y sobre una pared al igual que una antena parabólica. Estas formas y algunas más se describen en el manual de instrucciones.

Para la fabricación de este elemento se utiliza un perfil rectangular normalizado, de acero galvanizado de resistencia a la fluencia de 32.2Kp/mm^2 . Este perfil tiene una longitud de 1.5m máximo, pudiéndose variar a distintas medidas pedidas por el cliente, pero nunca sobrepasando esa longitud, sino podría romperse.

Este perfil es rectangular, de sección 60x40mm y un espesor de 5mm. Las fuerzas que soporta son las que le pasa la chapa graduada. Esta chapa va sujeta por lo dos tornillos comprobados anteriormente, por tanto este mástil en esa parte superior llevará dos orificios, uno para cada tornillo (**Figura 3.25.**). El orificio superior está a 20mm de la parte superior del mástil, y el otro a 85mm del anterior:

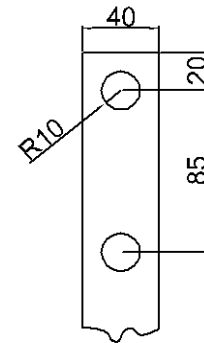


Figura 3.25. Orificios en parte superior del mástil.

Las fuerzas sobre el mástil son (**Figura 3.26.**):

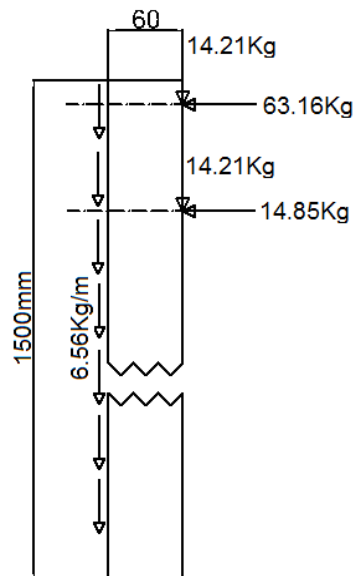


Figura 3.26. Fuerzas sobre el mástil.

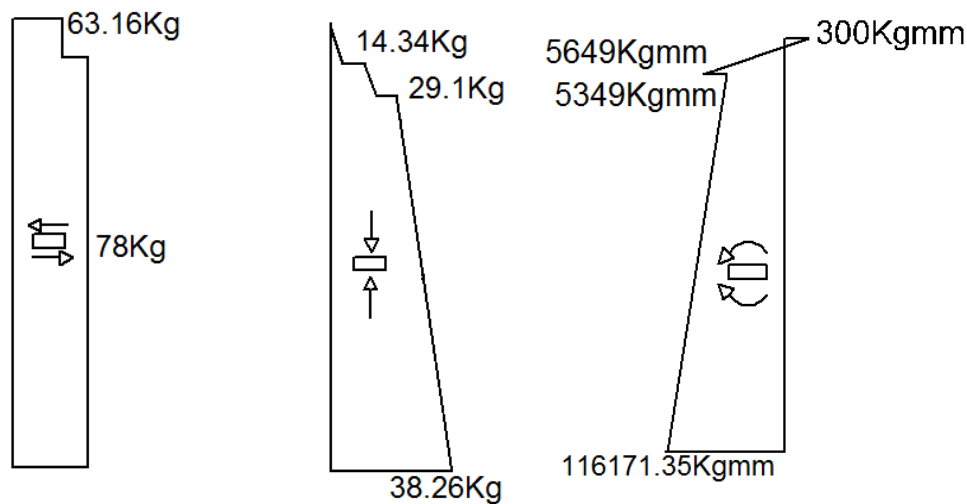


Figura 3.27. Diagramas de esfuerzo del mástil.

El cortante no va a influir en el cálculo, y del resto de fuerzas la máxima está en el apoyo con el suelo, donde el axil es 38.26Kg y el momento flector es 116171.35Kgmm.

Con estas fuerzas la distribución de tensiones en la sección del perfil es **(Figura 3.28.)**:

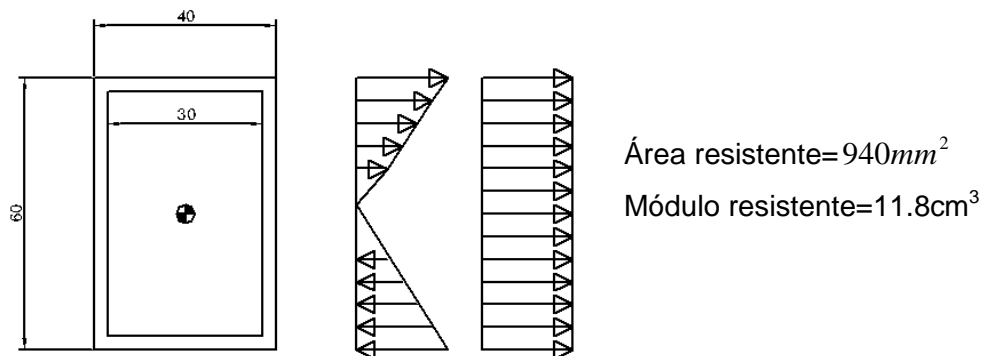


Figura 3.28. Tensiones en la sección más desfavorable.

La tensión máxima que soporta el mástil es:

$$\sigma = \frac{38.26}{940} + \frac{116171.35}{11800} = 9.89 \text{ Kp/mm}^2 \rightarrow Cs = \frac{32.2}{9.89} = 3.26$$

El coeficiente de seguridad es 3.26, es admisible para la comprobación que se está realizando.

3.3. ESTUDIO DE MERCADO

El objetivo de la fabricación del seguidor solar es tener una gran cercanía con el cliente, de forma que puedan variar algunas piezas del producto a su gusto, y conseguir una ventaja con el resto de fabricantes. Se fabricará en una producción continua pero a la vez puede ser por pedido. También se busca abarcar un gran abanico en este sector, ya que con el mismo producto se puede montar una gran variedad de placas solares, desde placas solares de pequeñas dimensiones, pasando por placas de polímero (bajo peso), hasta un máximo de 1x2 metros y 20Kg de peso, por esta razón el cliente puede variar algunas piezas, dependiendo de la placa solar que vaya a montar. En consonancia con esta última idea, el seguidor solar puede emplearse para distintos fines: uso particular y producción de electricidad cerrada, para abastecer una granja o varios edificios, o en huertos solares, para grandes producciones de electricidad.

En principio este tipo de seguidor solar es un mecanismo sencillo, de fácil uso y de una inversión baja. Por eso está enfocado para uso particular, para suministrar energía a una casa, para cargar una batería de un ordenador de riego, para cargar baterías de farolas, etc. En función de la placa solar tendrá mayor o menor capacidad de producir electricidad, pero siempre encaminado hacia un sector mas privado. Como se ha citado en el párrafo anterior, puede usarse para parques solares (huertos solares), pero en este campo es más frecuente usar seguidores de 2 ejes, debido a que pueden soportar una mayor área de paneles solares, y tienen una mayor eficiencia de producción.

En este sector se encuentra gran cantidad de competidores. Para ganar ventaja frente a esas empresas, se busca fabricar un seguidor solar más barato que ellos, y crear una mayor cercanía con el cliente, como ya se ha explicado antes. Algunas de esas empresas son: tu tienda solar, teknosolar, renovables del sur, y otras varias. En todas ellas el precio de un seguidor solar de un eje está alrededor de 270€, y ofrecen el seguidor solar más el sistema electrónico de seguimiento. En este diseño se ofrecería lo mismo, pero con un precio menor y una mayor cercanía al cliente. Con estos aspectos a favor sería posible competir en el mercado.

4. PROCESO DE FABRICACIÓN

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

La instalación industrial en la que se va a realizar la fabricación del seguidor solar, está emplazada en Aragón, en la provincia de Zaragoza, en la población de Cuarte de Huerva. Es una nave de 1200m², tiene dos entradas y fácil acceso para carga y descarga de vehículos. Las características con las que cuenta son las siguientes:

Muelles carga	2	Aire acondicionado	No
Montacargas	No	Acc. Minusválidos	Sí
Patio con maniobras	Sí	Acceso trailer	Sí
Acceso furgoneta	Sí	Puente con grúa	Sí
Duchas	No	Aseos	Sí
Red contra incendios	Sí	Salida emergencia	Sí
Parking	Sí	Plazas parking	6

La distribución en planta tiene forma de L, ya que de esta forma se optimizan los tiempos de transporte entre máquinas, y se distribuyen mejor los espacios. La superficie de la nave industrial está ocupada de la siguiente forma:

- Oficinas: 200 m². Incluye una sala de juntas y una zona para comedor y descanso de los trabajadores.
- Baños y vestuarios: 100 m². Incluye dos baños y dos vestuarios para hombres y mujeres, respectivamente.
- Almacenes: 120 m² para el almacén de materia prima y 180 m² para el almacén de producto terminado.
- Taller y zona de proceso: 600 m². Está dividido en 6 zonas:

1) Mecanizado: tiene unas dimensiones de 12x15 m. En esta zona se sitúan dos sierras de cinta para cortar aluminio, acero y nylon, cada una ocupa un espacio

de 1.8x0.85 m, un torno de CNC de 3.44x1.34 m y una fresadora de CNC, que tiene de base 1.65x1.87 m.

2) Conformado: tiene unas dimensiones de: 6x12 m. Esta zona dispone de una cizalladora motorizada de dimensiones 1.7x1.35 m, una dobladora de chapa de CNC de base 1.6x1.7 m y una punzonadora de 0.8x0.7m.

3) Inyección: tiene unas dimensiones de 7x10m y en esta zona se encuentra una máquina inyectora de plástico con la que se fabrica la carcasa.

4) Montaje: tiene aprox. 15x10m y se sitúa a continuación de las zonas anteriores. Dispone de varias mesas de trabajo y de las máquinas y herramientas necesarias para realizar el montaje del seguidor.

5) Ensayos: zona entre el montaje y el embalado, donde si es necesario se revisaran los seguidores solares defectuosos.

6) Embalado: tiene aproximadamente 10x5m y en ella se procede al embalado de los productos según las especificaciones dadas.

Las características y datos técnicos de las máquinas empleadas en el proceso de fabricación se pueden consultar en el Anexo III de la Memoria.

4.2. PROCESO DE FABRICACIÓN

La producción del seguidor se estructura en 4 células de fabricación, 1 célula de montaje y 1 célula de embalaje. La distribución de tareas en las diferentes células de fabricación es la siguiente:

- Un operario fabricará el tornillo sinfín y el eje. Éste operario cogerá la materia prima necesaria, la llevará a la sierra para cortarla, y luego pasará al torno para mecanizarla. Una vez mecanizadas las llevará a la zona de montaje.
- La corona y la carcasa serán fabricadas por otro operario. Para la corona cogerá el material del almacén, lo cortará en la sierra, y por último lo llevará a mecanizar a la fresa. Este operario se encargará también de manipular la

máquina inyectora que fabrica la carcasa. Una vez terminada la corona la llevará al puesto de montaje. A continuación, llevará la carcasa a la fresa para mecanizarla y después a la zona de montaje.

- Los dos perfiles de aluminio y el mástil los fabricará un tercer operario. Cogerá la materia prima del almacén, la cortará en la sierra y le hará los agujeros necesarios en la punzonadora. De aquí llevará las piezas a la zona de montaje.
- Otro operario realizará el soporte graduado y el soporte del motor. Cogerá la chapa del almacén, la cortará en la cizalladora, la llevará a la punzonadora para realizar los orificios necesarios y por último la plegará en la plegadora. Las piezas terminadas se llevarán al puesto de montaje.
- En la célula de montaje un operario recibirá las piezas fabricadas y las montarán. Una vez montado es pasado al puesto de embalaje. El puesto de embalaje es la última célula en la producción, aquí reciben el producto montado, y lo llevan al almacén.

La fabricación de cada una de las piezas que componen el seguidor solar se realiza tal y como se describe de forma detallada a continuación:

- 1) La materia prima más los elementos comerciales llegan al almacén de materia prima por medio de un trailer, en el siguiente formato:
 - Perfiles de aluminio: barras de longitud 5260mm en paquetes de 30 barras. Su peso es de unos 150Kg, por tanto para transportarlo será necesario una carretilla elevadora.
 - Barra de nylon de diámetro 65mm: barras de longitud 3500mm, en paquetes de 10 barras. El paquete pesa 140Kg, se moverá con una carretilla elevadora.
 - Barra de nylon de diámetro 20mm: de longitud 1400mm, y en paquetes de 30 barras. Su peso es de 16Kg, podrán transportarse fácilmente a mano.
 - Barra para el eje (diámetro 30mm): barras de longitud 4600mm, en paquetes de 20 barras. Su peso será de 500Kg, para desplazarlo será necesaria la carretilla elevadora.

- Perfil rectangular de acero: longitud de 4500mm, en paquetes de 20 barras. Su peso será de 640Kg, para desplazarlo será necesaria la carretilla elevadora.
- Chapas: los dos tipos de chapa empleados se recibirán en bobinas de 1150mm de ancho y 100m de chapa enrollada. Con un peso de 2 toneladas.
- Polipropileno: se recibe en forma de bolas pequeña o granza. Se empaqueta en sacos de 25Kg.

2) Procesos de mecanizado:

2.1. Mecanización de la corona: Se parte de una barra de 55mm de diámetro, de Nylon. Los pasos son:

- En la sierra:
 - Cortar en la sierra un disco de 7mm de espesor.

Tiempo aproximado de corte: 20 segundos.

- En la fresadora, es de control numérico y puede llevar 10 herramientas distintas para cambiarlas automáticamente. El operario solo tendrá que anclar correctamente la pieza y elegir el programa de mecanizado adecuado:
 - Se perforará el hueco para el eje, un agujero de 30mm de diámetro, mediante un disco de fresado.
 - Se tallarán los dientes, este proceso se realiza con fresa madre, que consiste en un tornillo sinfín igual al que va a engranar después, pero los filetes de este tornillo estarán afilados. El diámetro primitivo del tornillo será 16mm, y habrá de entrar en el disco una distancia especificada en el plano 01.03.02 del documento planos.
 - Se rebajará la altura de los dientes, hasta un diámetro de la corona de 63,98mm, para que los dientes no terminen en canto vivo. Este paso se realizará mediante un disco de fresa y girando la corona.

El tiempo estimado para este proceso es de: 10 minutos aproximadamente.

- En la punzonadora:
 - Se perforará el hueco de la chaveta, mediante una cremallera con dientes cortantes.

El tiempo en este proceso será de 3 min.

El tiempo estimado para llevar las piezas de un puesto a otro es de 20 segundos. **El tiempo total del proceso será 15 minutos.**

- 2.2. Fabricación de la carcasa: la carcasa la forman dos piezas, estas dos piezas se inyectarán, para ello se utilizará polipropileno, el cual se echará en la máquina de inyección, y por medio del molde, se obtendrán las dos piezas, tal como se especifica en los planos 01.18.01 y 01.11.01.

Tiempo del proceso: 2 minutos, desde que se vierte la materia prima hasta que se obtienen una parte, para la otra se tendría que cambiar el molde, aproximadamente 3 minutos.

Una vez obtenidas las dos partes, se llevarán a la fresadora, donde:

- Se harán una serie de orificios y roscas. En ambas partes se hará:
 - Un orificio de 34mm de diámetro, en la parte superior, para que pase el eje, tendrá que tener una tolerancia H7.
 - Dos medios círculos en cada una, en los hombros rectangulares que tienen estas piezas, en estos orificios apoyará el tornillo sinfín.
- En la parte que lleva los salientes para el anclaje, se realizarán:
 - Cuatro agujeros roscados de métrica 4 con una profundidad de 16mm, son para cerrar ambas partes.
 - Dos agujeros roscados de métrica 2 y 3mm de profundidad, para anclar el motor.
 - Se hará un orificio pasante en cada uno de diámetro 8,5mm, en los salientes de fuera de la carcasa.
- En la otra parte se hará 4 agujeros pasantes en cada extremo, para pasar los tornillos que unan ambas partes.

Tiempo de mecanizar cada parte: 3 minutos.

Tiempo total de fabricación de ambas partes: 15 minutos.

- 2.3. Mecanización del eje: se parte de una barra de acero F-1100 normalizado con una capa de galvanizado, de diámetro 30mm. Antes de empezar se comprueba que el diámetro de la barra cumple la tolerancia establecida en el pliego de condiciones. Operaciones:

- En la sierra:
 - Se cortan barras de 1150mm de longitud.Tiempo aproximado: 30 segundos.
- En el torno, el cual ya tiene un programa con los pasos a seguir:
 - Se mecanizarán dos ranuras para los anillos elásticos.
- En la fresadora:
 - Se hará el hueco para colocar la chaveta donde se sujetará la corona.El tiempo estimado para el torneado y fresado será: 5 minutos.

Tiempo total de fabricación del eje: 6 minutos.

2.4. Tallado del tornillo sinfín: se parte de una barra de Nylon, diámetro 20mm.

Operaciones:

- En la sierra:
 - Se cortan barras de 104mm de longitud.Tiempo aproximado: 20 segundos.
- En el torno, el cual ya tiene un programa con los pasos a seguir:
 - Se rebajará toda la barra a diámetro 18,98mm.
 - Los extremos se rebajarán a 8mm y 10mm de diámetro, según el plano 01.03.07 del documento planos.
 - Tallado del dentado, de módulo 1,5 y de diámetro primitivo 16mm.
- En la fresadora:
 - Se hará el hueco para colocar la chaveta donde se sujetará el engranaje de dentado recto de 29 dientes.El tiempo estimado para el mecanizado será: 10 minutos.

Tiempo total de fabricación del tornillo sinfín: 11 minutos.

2.5. Perfiles de aluminio: se partirá de perfil de aluminio de 60x30x2mm. Como medida estándar serán cortados con una longitud de 1052mm, pero el cliente podrá pedir otra medida en función de la placa solar que vaya a colocar en el seguidor. Operaciones:

- Orificios en la punzonadora según plano 01.04:
 - Uno en el centro de la cara de 60x1052mm, de diámetro 30,5mm pasante, para meter el eje.
 - Uno en el centro de la cara de 30x1052mm, de diámetro 4,5mm pasante. Para el tornillo que sujeta al eje.
 - Uno pasante en cada extremo, de diámetro 6,5mm. Son para sujetar la placa solar.

El tiempo entre que cambia la herramienta y hace el punzonado será sobre 5 minutos. Después se llevará el perfil a la zona de montaje.

El tiempo total de fabricación de un travesaño es de unos 6 minutos.

2.6. Mástil: se parte de un perfil rectangular de acero galvanizado F-1120 Normalizado, de 60x40x5mm. Operaciones:

- Se cortan barras de 1,5m o a la distancia que especifique el cliente.
- Orificios en la punzonadora según plano 01.09:
 - Dos en un extremo, serán pasantes de diámetro 8,5mm.

El tiempo total de fabricar este elemento, serán unos 5 minutos.

3) Conformado:

3.1. Chapa soporte graduada: se hará a partir de chapa de acero inoxidable y 2mm de espesor. Pasos:

- En la cizalladora:
 - Se cortará el trozo de chapa necesario.

Tiempo de corte: 2 minutos.

- En la punzonadora:
 - Se harán dos agujeros para sujetarla, de diámetro 8,5mm. Según plano 01.02 del documento planos.
 - Se perforarán dos guías de un cuarto de circunferencia, para desplazar el motor-reductor.

Tiempo en la punzonadora: 5 minutos.

- En la plegadora:
 - Dos doblados a 90°, para que finalmente tenga las dimensiones de 114x115x129mm. Según plano 01.02.

El tiempo de plegado: 1 minutos.

Tiempo total de conformado: 8 minutos.

3.2. Chapa de soporte del motor: se parte de chapa de 1mm de acero F-1100.

Pasos:

- En la cizalladora:
 - Se cortará un rectángulo de 24x42mm.

Tiempo de corte: 1 minutos.

- En la punzonadora:
 - Se realizarán 5 agujeros de 2,5mm de diámetro.

Tiempo en la punzonadora: 3 minutos.

- En la plegadora:
 - Un plegado de 90°, para dejarlo en forma de L, según el plano 01.03.13 del documento planos.

El tiempo total de conformado de esta chapa es: 6 minutos.

4) Montaje: estos pasos los realizarán un oficiales de 3°, ya que es necesario leer y entender planos de montaje.

4.1. Montar motor y engranaje: primero se atornilla al motor la chapa que lo soporta, luego se ancla en el eje el engranaje recto de 15 dientes, por medio de la chaveta en cuña. Se atornilla la chapa a la carcasa. Y por último se saca el cable del motor, para que se pueda conectar desde fuera.

4.2. Montar el reductor: con el motor montado, se pasa al tornillo sinfín, en primer lugar se coloca la chaveta en la ranura del tornillo, y se fija el engranaje recto de 29 dientes, detrás de este se coloca el anillo separador, y en cada lado se ponen los casquillos, y por último se aloja todo esto en los huecos de la carcasa.

En segundo lugar se monta la corona, que va en el eje, se coloca la corona en el centro del eje, y se ajusta por medio de la chaveta en cuña. Por último se colocan los anillos elásticos en las ranuras del eje, y los dos casquillos que lo soportan. Se pasa el eje por los orificios de ambas carcasas, y se atornilla una a otra.

Después de los dos pasos anteriores, el reductor queda como se ve en la **Figura 4.1:**

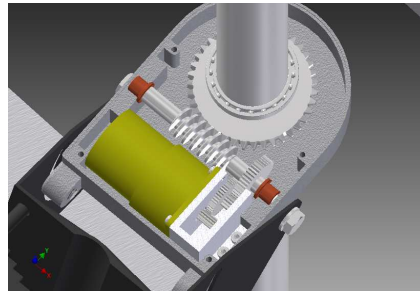


Figura 4.1. Motor-Reductor.

- 4.3. Montaje de la estructura (**Figura 4.2.**): con la carcasa atornillada y cerrada, solo faltará atornillar esto a la chapa soporte. El mástil, y los perfiles de aluminio, se suministran sin montar, y tendrán que ser montados por el cliente.

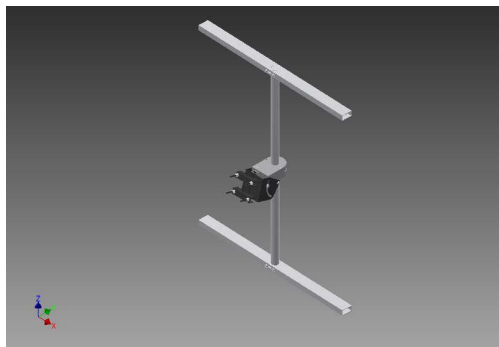


Figura 4.2. Estructura que soporta la placa solar.

El tiempo total de montaje se aproxima a los 20 minutos.

- 4.4. Por último se conectará al motor el monitor de seguimiento, pero no se podrá montar correctamente, ya que es necesario la placa solar y ésta va aparte.
- 5) Embalado: el embalado lo realizará un peón. Se encargará de meter en una caja el conjunto motor-reductor con el eje y la chapa soporte, los travesaños, el

mástil y las guías. Por último en una bolsa de plástico pequeña meterá los tornillos y tuercas necesarias para el correcto montaje final de cada seguidor, y esta bolsa irá dentro de la caja. Esta caja se llevará al almacén de producto terminado, donde el almacenero lo ordenará correctamente.

Tiempo estimado: 5 minutos.

- 6) Comprobación: como el producto se fabrica, monta y embala a mano, no habrá ninguna comprobación de montaje, ni de funcionamiento dentro de la fabrica. Se seleccionará un seguidor cada cien vendidos, y se realizará un seguimiento de este en su lugar de funcionamiento durante los primeros días para ver que todo funciona correctamente. La zona de ensayos en el taller, está destinada a realizar las pruebas a algún seguidor solar o piezas del seguidor solar que se quiera revisar o comprobar. O en el caso de que en algún seguidor solar se detecte algún problema, aquí se revisará.

4.1. FLEXIBILIDAD Y CAPACIDAD PRODUCTIVA

Para estudiar la capacidad productiva de la cadena de fabricación, hay que estudiar el tiempo que cuesta realizar cada operación, y en este tipo de producción, se tendrá que comprobar el tiempo empleado para cada seguidor solar en cada célula de trabajo. El tiempo de trabajo de cada célula es:

- La de Sierra-fresa emplea en cada seguidor 30minutos.
- La célula de Sierra-torno emplea en cada seguidor 19minutos.
- La célula de Sierra-punzonadora emplea en cada uno 17minutos.
- La célula de conformado emplea para cada seguidor 14minutos.

La célula de sierra-fresado, es la que más tiempo emplea, porque la fresadora es la máquina más solicitada. Si se necesitara aumentar la producción se tendría que introducir otra fresadora en la cadena de montaje, para fabricar la carcasa y la corona por caminos separados, y de esta forma los tiempos serian más parecidos.

Por último quedaría la célula de montaje y embalaje, la cual tardaría un tiempo 12minutos.

Si se coge los tiempos más altos, montar un seguidor solar cuesta 42 minutos. Pero como pueden trabajar cada célula independiente de la otra, el tiempo de

fabricación del seguidor solar cuando la producción es continua, es el tiempo de la célula más costosa, por tanto se fabricará un seguidor cada media hora. Esto supondrá que trabajando 8 horas diarias, se fabrican 16 seguidores cada día.

En la instalación industrial se trabajará 11 meses al año, descontado el mes de vacaciones. En este mes se aprovecharía para realizar el mantenimiento anual de las máquinas e instalaciones. Para realizar una estimación del tiempo que puede estar parada la instalación a lo largo del año por averías de máquinas, se va a descontar un día de cada mes. Descontado este día, se trabaja 20 días al mes.

Trabajando 220 días al año, y realizando 16 seguidores cada día, la producción máxima de la instalación industrial al año será de 3520 seguidores solares.

Durante los días que alguna máquina esté parada por avería, el resto de las máquinas seguirán fabricando piezas, en menor cantidad, pero de esta forma se realizará una cantidad de stock para cuando esa máquina se avería, o para tener esas piezas como repuestos.

5. ANEXOS

5.1. MANUAL DE INSTRUCCIONES Y NORMATIVA A CUMPLIR

5.1.1. Manual de instrucciones

Este manual de instrucciones va a constar de 4 puntos: instrucciones de almacenamiento y transporte, instrucciones de montaje y utilización, instrucciones de puesta en marcha y mantenimiento y medidas de seguridad.

1. Instrucciones de almacenamiento y transporte: el conjunto mecánico irá almacenado en cajas de cartón, la caja será de 1,6x0,4x0,4 metros, en ella se empaquetará el eje montado ya con el reductor y la chapa graduada, el mástil, los travesaños, y una bolsa con los tornillos, tuercas y arandelas necesarias para su posterior montaje.

Este producto se puede transportar a mano, ya que su peso es de 18,27Kg. En caso de almacenaje, no colocar elementos pesados encima. Las condiciones ambientales de almacenamiento son:

- Temperatura entre 15 y 25 grados.
- Humedad del 30% más o menos, la humedad solo será necesaria porque las cajas son de cartón.

2. Instrucciones de montaje y utilización: el seguidor solar se vende parcialmente montado, lo primero el usuario deberá tener o en su defecto comprar una placa solar que no supere los 2x1 metros de área. Para su correcto montaje será necesario los siguientes instrumentos: una llave allen, y dos llaves inglesas, o dos llaves fijas de métrica 4 y otras dos de métrica 8, y los pasos que se deberá seguir son los siguientes:

- Anclar el mástil donde vaya a trabajar. Formas de anclaje:
 - o Sobre el suelo (pie de cemento): se construye un pequeño suelo de cemento, de 1x1m y una altura de 20cm, y en el centro se coloca la parte inferior del mástil, recubriendo la longitud total (20cm).

- Sobre el suelo (anclado en tierra): se hace un agujero, de unos 20 a 30cm de profundidad, y se coloca la parte inferior del mástil, recubriéndola esa longitud. Esta forma es más insegura que la anterior, ya que si la tierra no está bien compactada, puede moverse.
- Sobre pared: mediante una abrazadera que ejerza presión (**Figura 5.1.**) por tornillos a la parte inferior del mástil, y que se atornille a la pared. Es el mismo sistema que para una parabólica. La abrazadera no se suministra con el seguidor solar, y se debe comprar aparte.

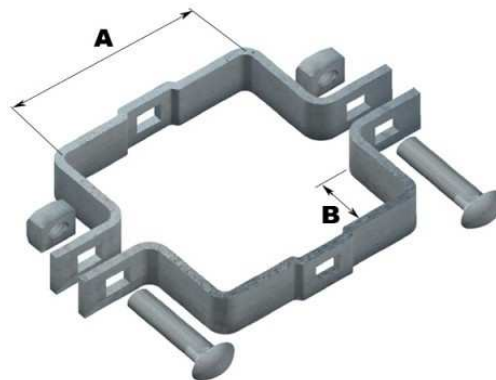


Figura 5.1. Abrazadera rectangular.

- Sobre tejado: en caso de necesitarse también podría anclarse sobre tejado, tanto en teja, uralita o cubierta. Pero el anclaje en este caso se realiza con anclajes especiales, que no se suministran con el producto. Si se quiere este caso, se tendrá que contactar con alguna empresa especializada en este tipo de sujeciones.
- Una vez esté el mástil anclado, se le atornillará el conjunto motor-reductor con el eje en su parte superior (**Figura 5.2.**), esto se hará por medio de dos tornillos de métrica 8, que sujetarán la chapa graduada al mástil, la chapa graduada lleva unos agujeros ya hechos para eso, al igual que el mástil. Los dos tornillos, las dos tuercas y dos arandelas salen en el interior del producto.

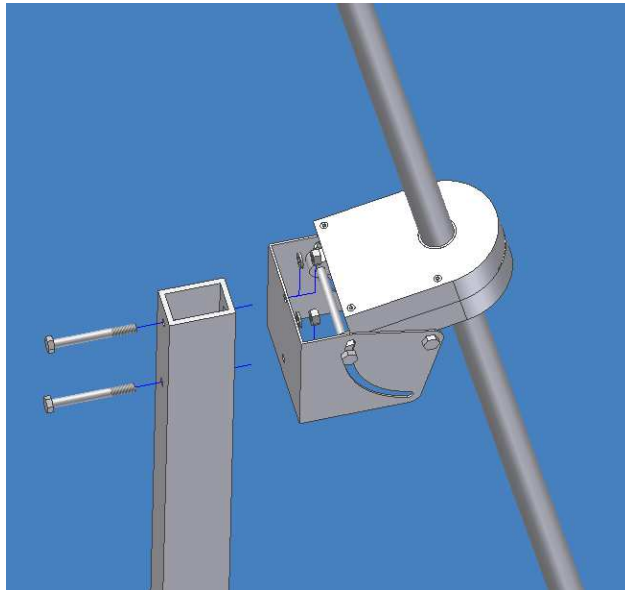


Figura 5.2. Atornillar mástil con chapa soporte.

- Lo siguiente es atornillar los travesaños de aluminio (perfil rectangular 60x30x2) al eje. Colocar en cada extremo del eje un perfil de aluminio (**Figura 5.3.**), y que los agujeros de ambos coincidan. Pasar un tornillo hexagonal de M4 y longitud 70mm por ambos agujeros, perfil y eje, para que ambas partes queden solidarias (**Figura 5.4.**). Por último colocar la arandela de auto retención y atornillar la tuerca. Hacer lo mismo en el otro extremo del eje con el otro travesaño. Todos los elementos nombrados en el montaje se encuentran en el paquete.



Figura 5.3. Colocar perfiles de aluminio.

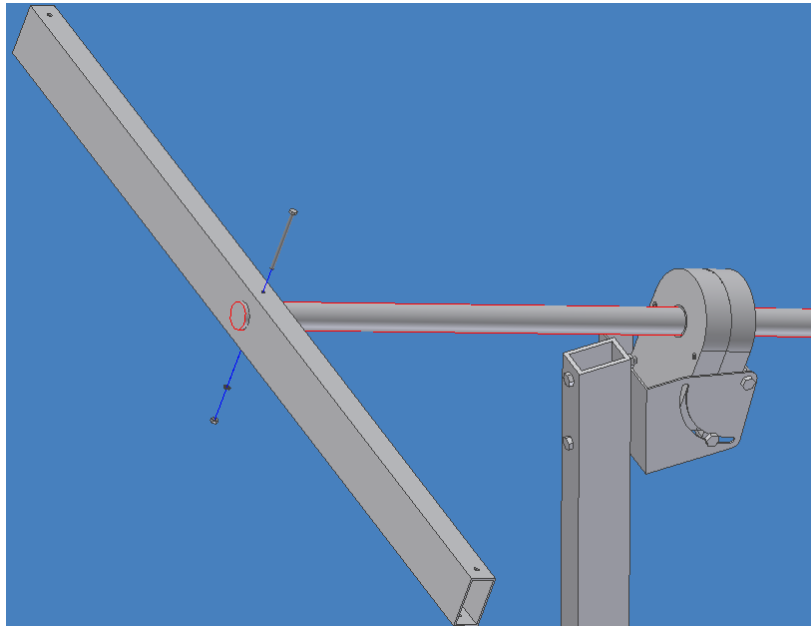


Figura 5.4. Atornillar perfil al eje.

- Colocar la placa solar centrada sobre los perfiles de aluminio. En la bolsa de tornillería hay cuatro chapas en forma de U con dos aletas, y con un tornillo, una tuerca y una arandela cada una (**Figura 5.5**). Se apoya una aleta en el borde de la placa solar, colocando cada una de las cuatro encima de cada extremo de los perfiles de aluminio. Se pasa el tornillo por el agujero de la chapa, y por el agujero del extremo del perfil, y finalmente se atornilla estos tornillos. Por último se cierran los perfiles con los tapones de plásticos. En este paso procurar apretar bien los tornillos, sino la placa solar podría caerse.

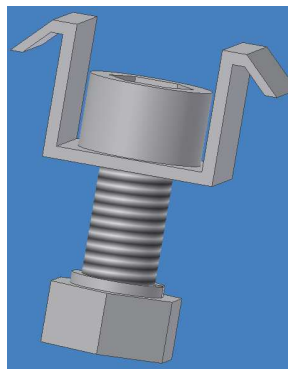


Figura 5.5. Fijación Hook.

- Para acabar habrá de enfocarse la placa solar correctamente hacia el sol, esto se hará por medio de la guía graduada, que está en la chapa que soporta el motor-reductor. Aflojar el tornillo que está en dicha guía, e inclinarlo el ángulo correspondiente a la estación del año en la que se encuentre. Este proceso se

debe hacer en cada estación del año, para aumentar su productividad, sino no se hace no pasa nada. La inclinación de cada estación es:

Invierno	53°
Primavera	30°
Verano	30°
Otoño	53°

3. Instrucciones de puesta en marcha y mantenimiento: una vez montado el conjunto mecánico, se tendrá que llamar a un técnico electricista, para realizar la instalación eléctrica, el cableado, las baterías, la corriente de alimentación del seguidor solar que se cogerá de la misma batería.

El mantenimiento mecánico del conjunto es muy escaso, dado su poco movimiento y la baja velocidad que lleva, no hará falta ningún tipo de lubricación, ni ningún cambio de pieza por desgaste a corto plazo. La placa solar puede aguantar sin problemas varios años en condiciones normales. El escaso mantenimiento que precisa será de la parte eléctrica. Pero se recomienda:

- Vigilar, de vez en cuando, que funciona correctamente.
- Comprobar que la producción de energía en condiciones normales no varía mucho. Si se nota un comportamiento anómalo, se debería realizar una revisión.
- Reapretar los tornillos cada cierto tiempo, de ese modo nos aseguramos de que la placa solar no puede caerse.
- Comprobar que el anclaje del mástil está en buenas condiciones.

4. Medidas de seguridad: las medidas de seguridad son en el ámbito eléctrico, y las deberá llevar acabo el técnico eléctrico que realice el montaje. Pero se recomienda no desenchufar los cables, porque puede estropearse el motor o el sistema de guiado. No desmontar el bloque motor-reductor si no está desenchufado. La única parte móvil que es el motor-reductor, va cubierto por la carcasa.

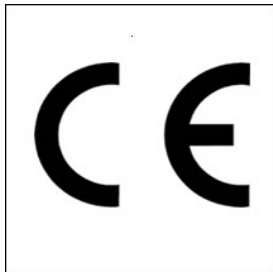
5.1.2. Normativa

- Documento Básico de Seguridad Estructural de Acciones en la edificación (DB SE-AE), Eurocódigo y el RD 1578/2008 sobre retribución de la energía solar fotovoltaica.

- **RD 314/2006 de 17 de Marzo, Código Técnico de Edificación.**
- RD 1435/92 (Anexo 1), por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- Real Decreto 1644/2008, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- RD 1801/2003 de 26 de diciembre de 2003 sobre seguridad general de los productos.

5.2. DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD Y MARCADO CE

Declaración de conformidad



Declaración de Conformidad

Datos del fabricante:

- Nombre: Monegros solar
- Población: Cuarte de Huerva (Zaragoza)
- Dirección: Calle aneto, 8
- Contacto: Monegrossolar@hotmail.com

Declara que:

Datos del producto:

- Tipo: Seguidor solar
- Modelo: seguidor solar de un eje.
- Características: automático, autosuficiente y no puede aguantar placas solares mayores a 20Kg de peso.

Es conforme con las exigencias mínimas de seguridad y salud y con otras disposiciones pertinentes recogidas en la siguiente normativa, y que todas las medidas necesarias han sido tomadas y que están en vigor para asegurar que la producción continuará conforme con los requisitos.

- RD 1435/92 (anexo 1)
-

Año en el que empieza a aplicarse el marcado: 2012

Firma:

Fecha: 28-Agosto-2012

Etiqueta/Placa de características

Fabricante:

Monegros solar

Marca:

Single tracker

Modelo:

ST9

Año de fabricación: **2012**

Nº de serie: **2012021001**

Características:

Especificaciones técnicas y de funcionamiento:

- Dimensiones: Sin placa solar: 1x1x1,5 metros/
Con placa solar: 2x1x1,5 metros
- Velocidades: Velocidad de giro del eje: 0.22 rpm.
- Pesos: peso máximo de la placa solar a soportar: 20Kg
peso de todo el conjunto: 18,27Kg

5.3. MÁQUINAS Y CARACTERÍSTICAS

Sierra de cinta semiautomática HB 280B



capacidad de corte

capacidad de corte a 90° (plano)	350x200mm
capacidad de corte a 90° (redondo)	280mm
capacidad de corte a 90° (cuadrado)	280x280mm
capacidad de corte a 45° (plano)	260x320mm
capacidad de corte a 45° (redondo)	240mm
capacidad de corte a 45° (cuadrado)	210x210mm
velocidad de corte	20-100 variable m/min.

capacidad de accionamiento

clasificación del motor de accionamiento principal	1,5 Kw.
clasificación del motor de bomba de enfriamiento	0,12 Kw.
voltaje de alimentación	400 V

medidas y pesos

dimensiones de la banda	27x0,9x3400mm
dimensiones generales	1800x850x1000mm
Peso	530Kg

Punzonadora Hidráulica MX340G**Medidas principales**

Altura	1800mm
Base	700x800mm
Peso	540kg

Hueco de punzonado

Carrera	100mm
Altura hueco de punzonado	250mm
Distancia del punzón hasta final del hueco	180mm

Datos técnicos refrigeración

Bomba	8.5 l/min.
Depósito	27litros

Datos técnicos del motor

Potencia	2.2 Kw.
Velocidad	1460 rpm
Tensión	220/380 v (trifásica)
Intensidad	7-12.8ª

Datos técnicos área de trabajo

Pistón	34t (doble efecto)
Presión máxima	200Kg.

Torno de ciclos CNC Proton 560/1500



Área de trabajo

ancho central	1500mm
altura central	265mm
Diámetro de giro sobre plataforma (máx.)	560mm
diámetro de giro sobre carro transversal	300mm
ancho de plataforma	400mm
recorrido, carro transversal	300mm

Cabezal

rango de velocidad, alto	400 – 2000min-1
rango de velocidad, bajo	25 – 500min-1
montaje de husillo	A2-8 (Stehbolzen)
Diám. int. del husillo	80mm

cabezal de la herramienta

dimensiones de la espiga de la herramienta	25x25mm
--	---------

cabeza móvil

unión cónica de la cabeza móvil	MK 5
diámetro del eje hueco de la cabeza móvil	Ø 85
recorrido del eje hueco de la cabeza móvil	150mm

Precisión

precisión de posicionamiento del eje X	0,03mm
precisión de posicionamiento del eje Z	0,045mm
repetibilidad del eje X	0,012mm
repetibilidad del eje Z	0,02mm

capacidad de accionamiento

clasificación del motor del cabezal	7,5 Kw.
-------------------------------------	---------

medidas y pesos

dimensiones generales	3440x1340x1750mm
Peso	3700Kg.

Fresadora Eco Center 350 GP**Área de trabajo**

Recorrido del eje X	400mm
Recorrido del eje Y	240mm
Recorrido del eje Z	380mm
dimensiones de la mesa	800x240mm
capacidad de carga de la mesa	100Kg.
ranuras, ancho	14mm
ranuras en T, separación	75mm
distancia de la nariz del husillo a la superficie de la mesa	60 – 460mm
Abertura	300mm
Capacidad máx. de fresado, vertical	12mm

Cabezal

rango de velocidad	60 – 6000min-1
--------------------	----------------

Alimentación

alimentación rápida de eje X	6000mm/min.
alimentación rápida de eje Y	6000mm/min.
alimentación rápida de eje Z	6000mm/min.
alimentación de trabajo del eje X	2,5 – 2000mm/min.
alimentación de trabajo del eje Y	2,5 – 2000mm/min.
alimentación de trabajo del eje Z	2,5 – 2000mm/min.

cabezal de la herramienta

cantidad de estaciones de herramientas	10 Stück
tamaño de la herramienta Ø x L (máx.)	92x120mm
Peso máx. de la herramienta	4Kg.

capacidad de accionamiento

clasificación del motor de accionamiento principal	3,7 Kw.
clasificación del motor de bomba de enfriamiento	0,04 Kw.
clasificación del motor X	0,85 Kw.
clasificación del motor Y	0,85 Kw.
clasificación del motor Z	0,85 Kw.

Medidas y pesos

dimensiones generales	1870x1650x2000mm
Peso	1520Kg.

Cizalla pendulare motorizada KMT 1350



Área de trabajo

espesor de placa St 42 (máx.)	3mm
longitud de corte	1350mm
tope trasero	450mm
ángulo de corte	1,5 °
recorridos por minuto (modo automático)	35 H/min.
altura de la mesa de trabajo	850mm

capacidad de accionamiento

clasificación del motor de accionamiento principal	3 Kw.
--	-------

medidas y pesos

dimensiones generales	1700x1350x1200mm
Peso	950Kg.

Dobladora de chapa CNC AHK F 1540



Área de trabajo

fuerza de presión	40 t
longitud de la plegadora	1500mm
tope trasero	600mm
distancia entre columnas	1200mm
Abertura	280mm
longitud del recorrido, máx.	430mm
velocidad de doblado	11mm/s
alimentación rápida	4800mm/min.
velocidad de retorno	110mm/s

capacidad de accionamiento

clasificación del motor	5,5 Kw.
-------------------------	---------

medidas y pesos

volumen del tanque hidráulico	145l
dimensiones generales	1700x1600x2200mm
Peso	3500Kg.

Máquina de inyección de plástico Spartan



Unidad de inyección

Diámetro nominal del husillo	50mm
Relación long./Diám. del husillo	20
Presión de inyección	1610Kg/cm ²
Volumen de inyección calculado	392cm ³
Peso máximo de inyección	335g.
Velocidad de inyección	267g/s
Carrera máxima del husillo	200mm
Velocidad de giro del husillo	0-250rpm
Par máximo de giro del husillo	1330Nm
Fuerza máxima apoyo boquilla	62Nm
Carrera máxima boquilla	350mm
Zonas de temperatura	3+1
Potencia de calefacción	12.6Kw

Unidad de cierre

Fuerza máxima de cierre	1700KN
Carrera máxima de apertura	430mm
Luz máxima entre platos	930mm
Altura del molde	150-500mm
Dimensiones del plato	740x670mm
Luz entre columnas	520x450mm
Diámetro de las columnas	80mm
Fuerza máxima expulsor	70KN
Carrera máxima del expulsor	150mm

Datos generales

Potencia motobomba	22(30)Kw(Cv)
Potencia total instalada	36Kw
Capacidad del tanque de aceite	450l
Dimensiones máquina (LxWxH)	5,66x1,02x2,1m
Peso neto (sin aceite)	7,1Tm
Control RX1000/ME	
Doble bomba de caudal fijo	

Compresor Kaeser Classic 210/25 W

Peso	31Kg.
Dimensiones	420x370x650mm
Capacidad del depósito	25litros
Volumen de aspiración	210 l/min.
Volumen de llenado	140 l/min.
Presión máxima	10 bar
Potencia motor	1.5 Kw.
Número de cilindros	1
Nivel de presión acústica	76dB



**Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza**

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Título del Proyecto

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SEGUIDOR SOLAR DE UN EJE

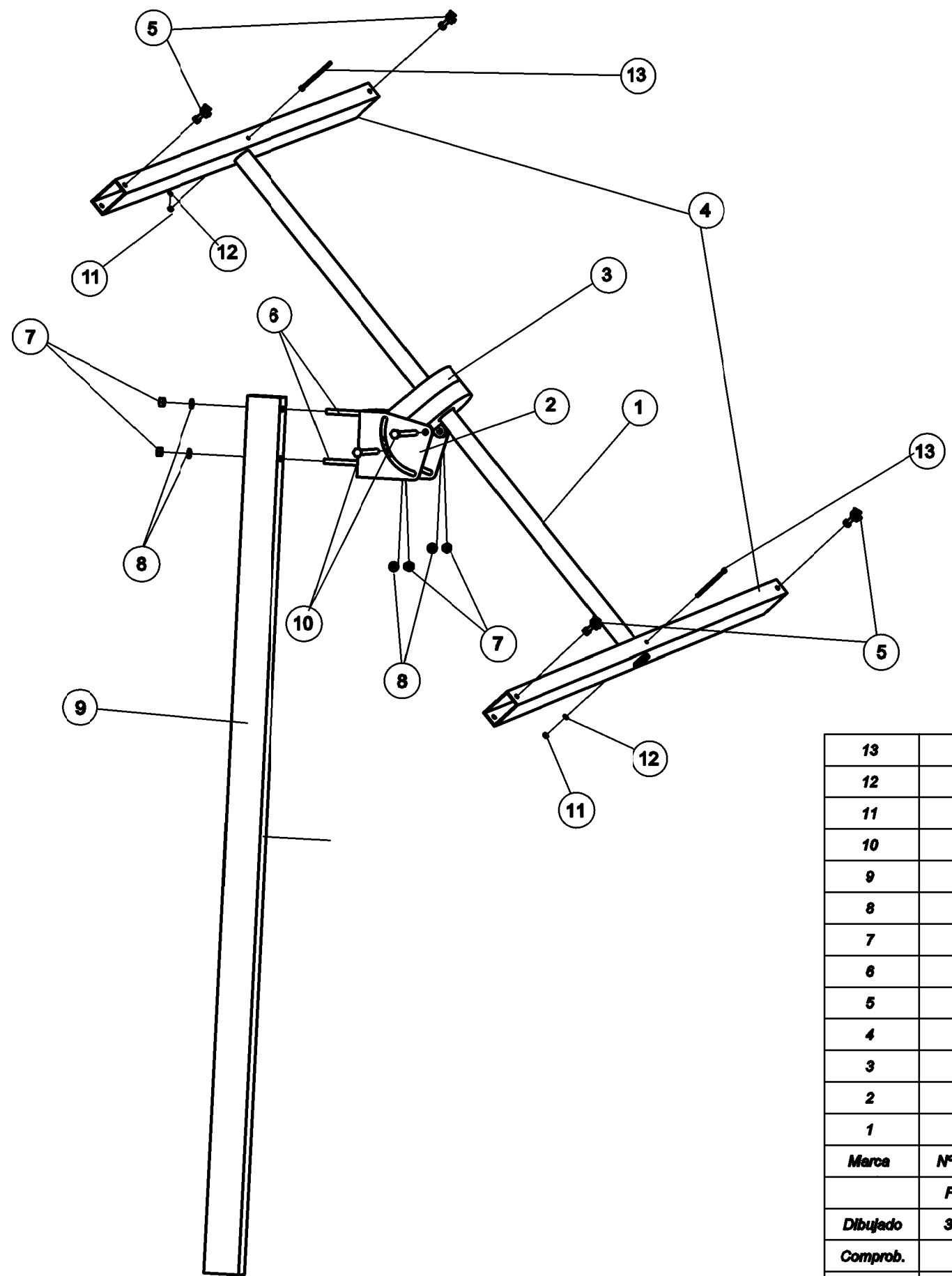
PLANOS

AUTOR: Enrique Lacasa Ferrer

DIRECTOR: José Luis Santolaya Sáenz

ESPECIALIDAD: Ingeniería Técnica Industrial Mecánica

CONVOCATORIA: Septiembre 2012

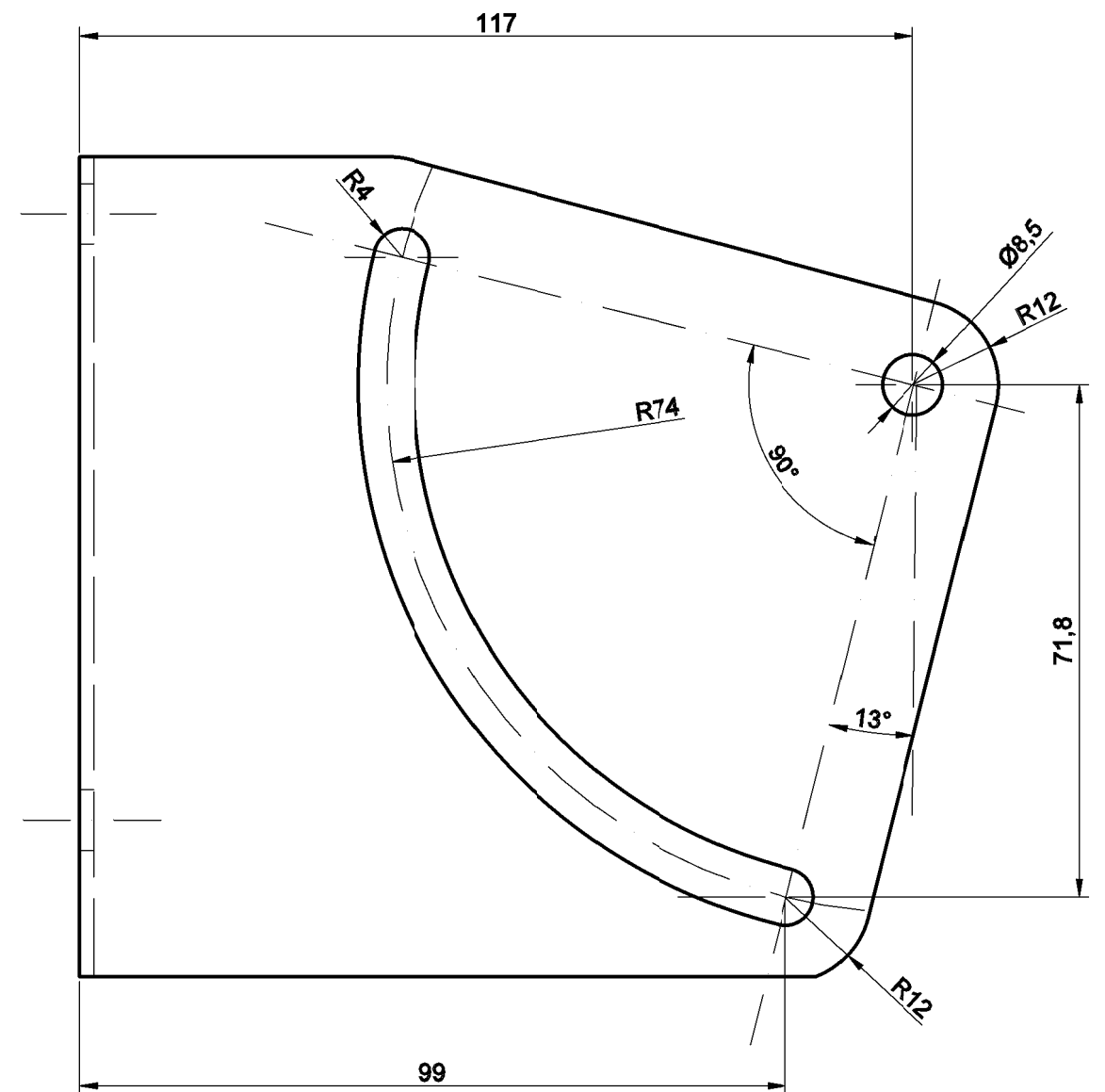
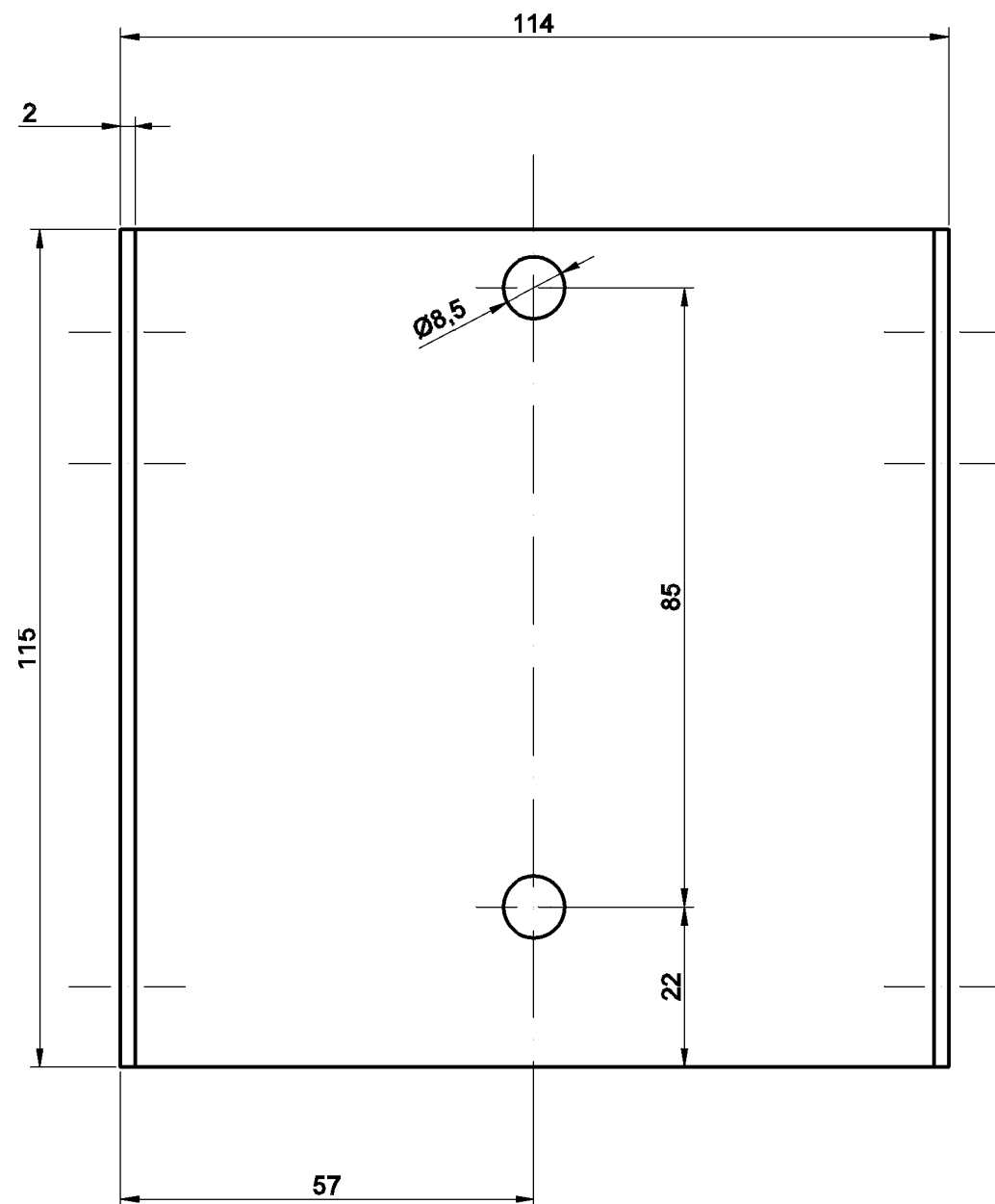


13	2	Tomillo hexagonal, DIN 933		M 4x70	
12	2	Arandela autorretención, DIN 127B		M 4	
11	2	Tuerca hexagonal, DIN 934		M 4	
10	2	Tomillo hexagonal, DIN 931		M 8x130	
9	1	Mástil		Acero galvanizado 60x40x5	11
8	4	Arandela autorretención, DIN 127B		M 8	
7	4	Tuerca hexagonal, DIN 934		M 8	
6	2	Tomillo hexagonal, DIN 931		M 8x75	
5	4	Fijación Hook		Comercial	
4	2	Perfil rectangular		Aluminio 60x30x2	10
3	1	Bloque motor-reductor			4
2	1	Chapa soporte		Acero inoxidable	3
1	1	Eje		Acero galvanizado Ø=30	2
Marca	Nº piezas	Designaciones		Materiales y medidas	Nº plano
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA	
Dibujado	3-09-2012	Enrique Lacasa Ferrer			
Comprob.					
Escala	Título			Nº de plano: 1	
1:10	SEGUIDOR SOLAR			Sustituye a:	
				Sustituido por:	

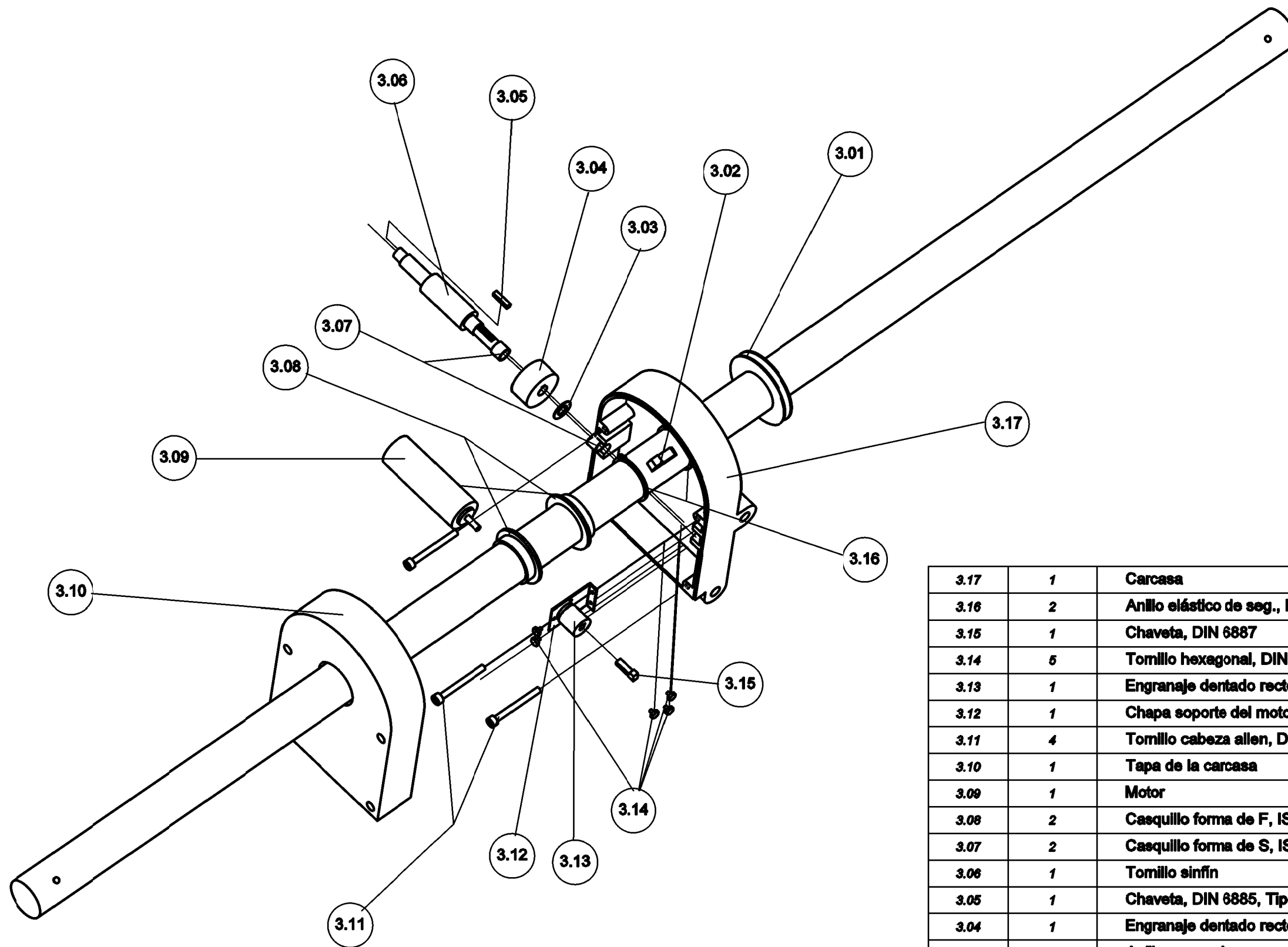
Technical drawing of a mechanical assembly showing a cross-section of a shaft with a central hole and a central section with a keyway. The drawing includes dimensions: total length 1150, hole diameter $\varnothing 30h9$, keyway width 14,5, and various tolerances and surface finish symbols.

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma</i>	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
<i>Dibujado</i>	3-09-2012	Enrique Lacasa Ferrer		
<i>Comprob.</i>				
<i>Escala</i>	<i>Título</i>			<i>Nº de plano:</i> 2 <i>Tolerancias no indicadas</i> UNE-EN 22768-m
1:1	Eje			

N9

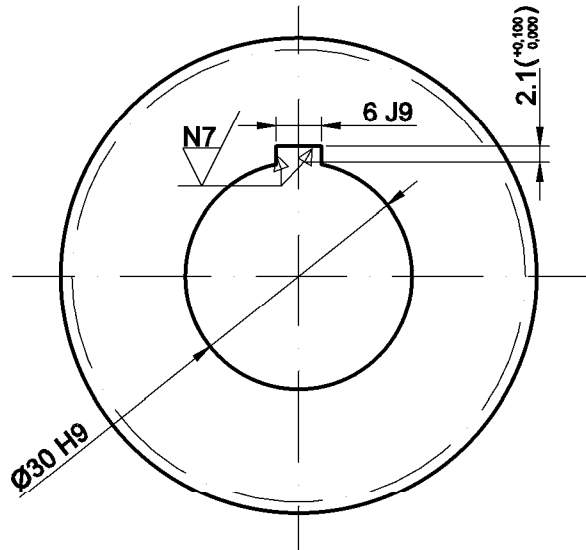
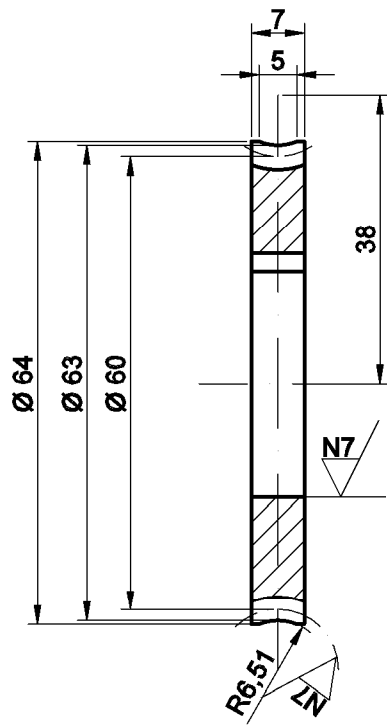


	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
Dibujado	3-09-2012	Enrique Lacasa Ferrer		UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA	
Comprob.					
Escala	Título			Nº de plano: 3	
1:1	Chapa soporte			Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m	



3.17	1	Carcasa	Polipropileno	9
3.16	2	Anillo elástico de seg., DIN 471	Ø 30	
3.15	1	Chaveta, DIN 6887	4x4x14	
3.14	5	Tomillo hexagonal, DIN 933	M 2x4	
3.13	1	Engranaje dentado recto	Nylon; Z=15; M=1	
3.12	1	Chapa soporte del motor	Acero F-1100	8
3.11	4	Tomillo cabeza allen, DIN 912	M 8x75	
3.10	1	Tapa de la carcasa	Polipropileno	7
3.09	1	Motor	Par=0,4Nm; 17rpm	
3.08	2	Casquillo forma de F, ISO 3547-1	Ø 30	
3.07	2	Casquillo forma de S, ISO 3547-1	Ø 8	
3.06	1	Tomillo sinfin	Nylon	6
3.05	1	Chaveta, DIN 6885, Tipo B	3x3x14	
3.04	1	Engranaje dentado recto	Nylon; Z=29; M=1	
3.03	1	Anillo separador	Øint 8	
3.02	1	Chaveta, DIN 6887	6x6x14	
3.01	1	Corona	Nylon	5
Marca	Nº piezas	Designaciones	Materiales y medidas	Nº plano
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Dibujado	3-09-2012	Enrique Lacasa Ferrer		
Comprob.				
Escala	Título			Nº de plano: 4
1:3	BLOQUE MOTOR-REDUCTOR			Sustituye a:
				Sustituido por:

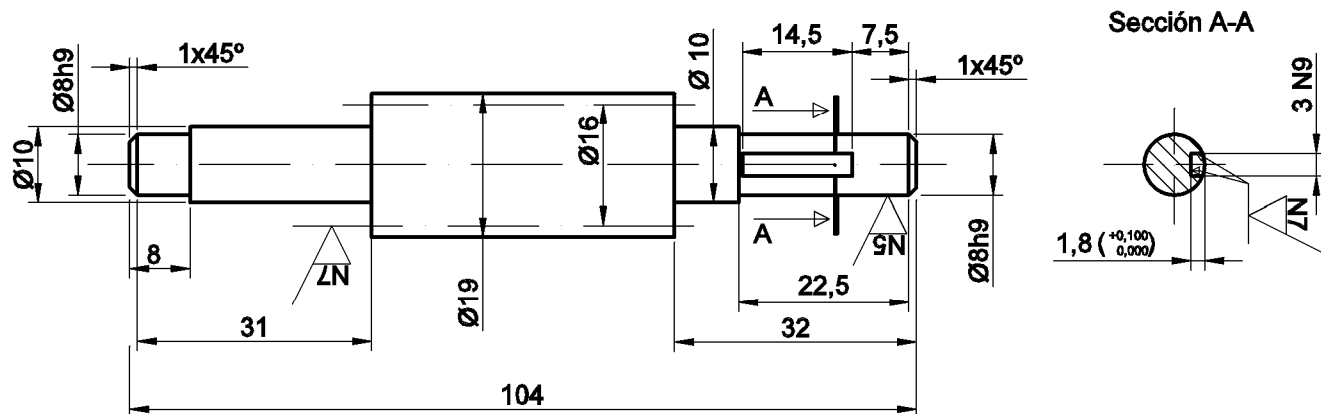
N9 / (N7)



mc	Z	Dp	α_p	mn	De	Di	Dmax	Hc	Hp	C	β	Tipo	z
1.5	40	60	5°21'	1.49	62.98	56.54	66.79	1.49	1.74	38	20°	Evolvente	1

Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA	
Dibujado	3-09-2012	Enrique Lacasa Ferrer		
Comprob.				
Escala	Título			Nº de plano: 5
1:1	Corona			Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m

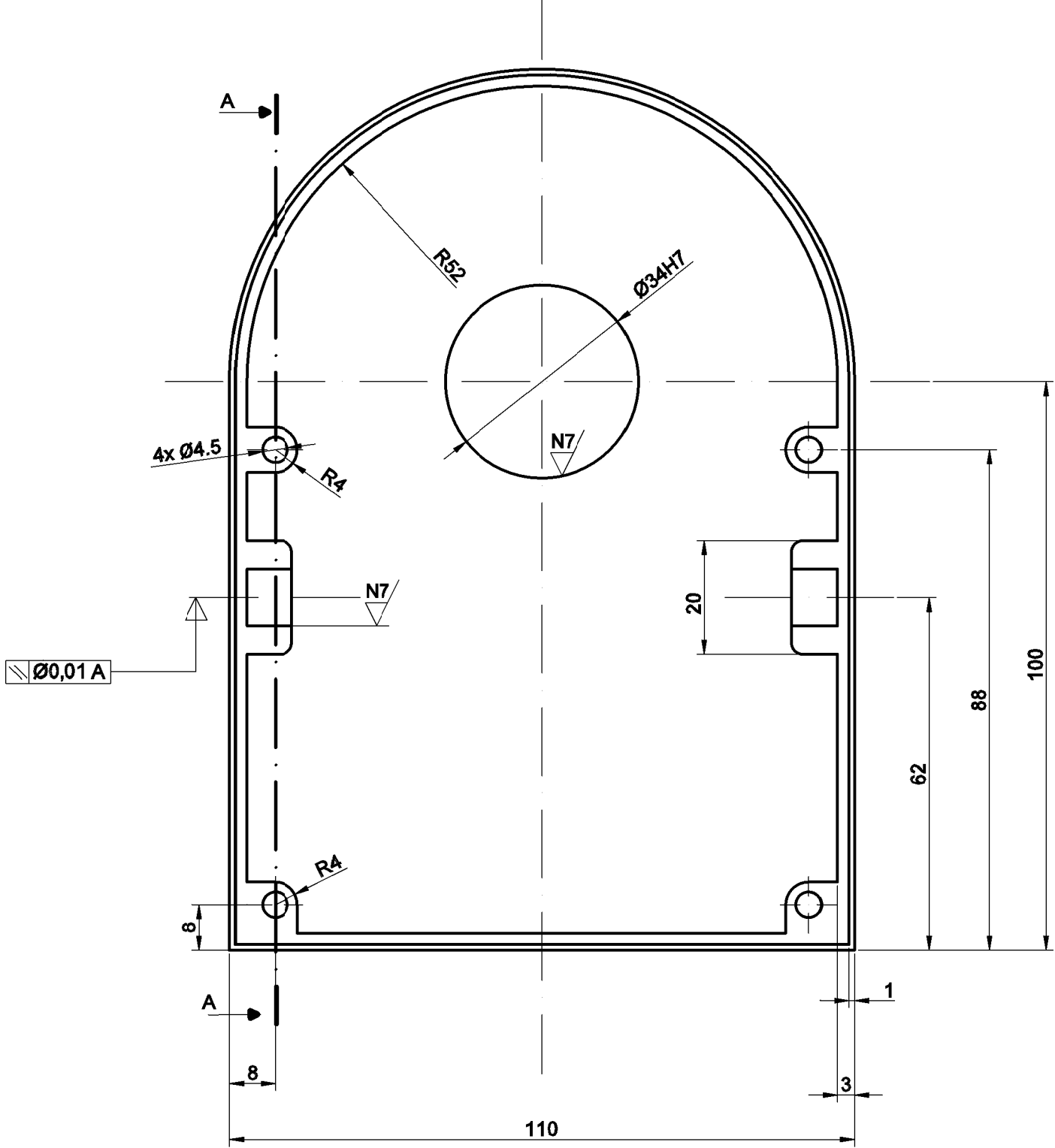
N9 / (N5 / N7)



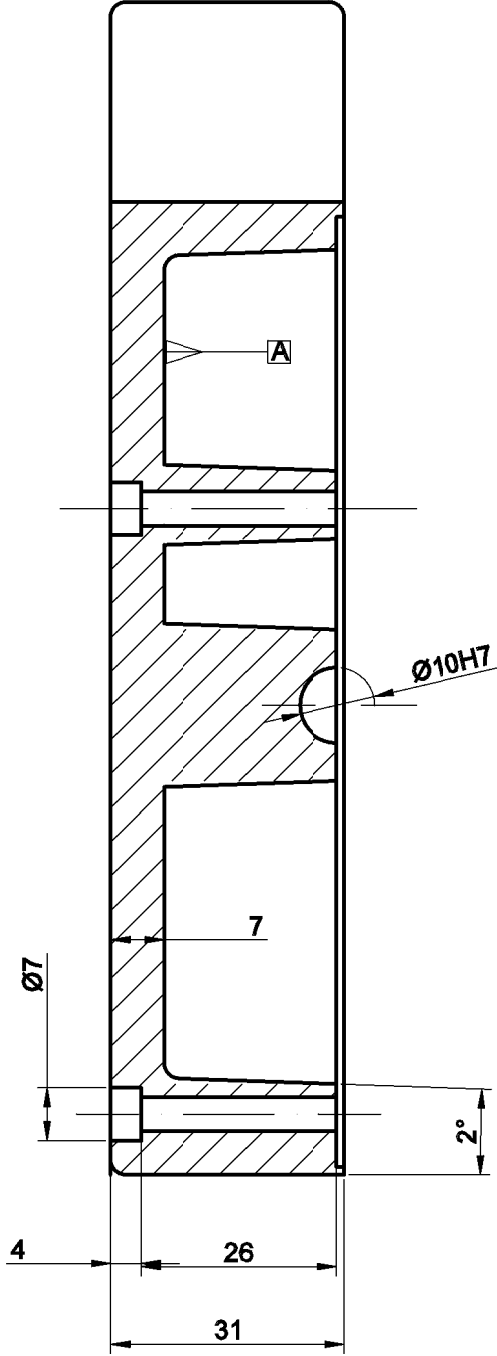
max	Dp	z	pax	h	α	mn	De	Di	Hc	Hp	C	β	Tipo	Z
1.5	16	1	4.71	4.71	84°38'	1.49	18.98	12.54	1.49	1.74	38	20°	Evolvente	40

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
Dibujado	3-09-2012	Enrique Lacasa Ferrer		UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA	
Comprob.					
Escala	Título			Nº de plano: 6	
1:1	Tornillo sinfín			Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m	

N10/ (N7/)



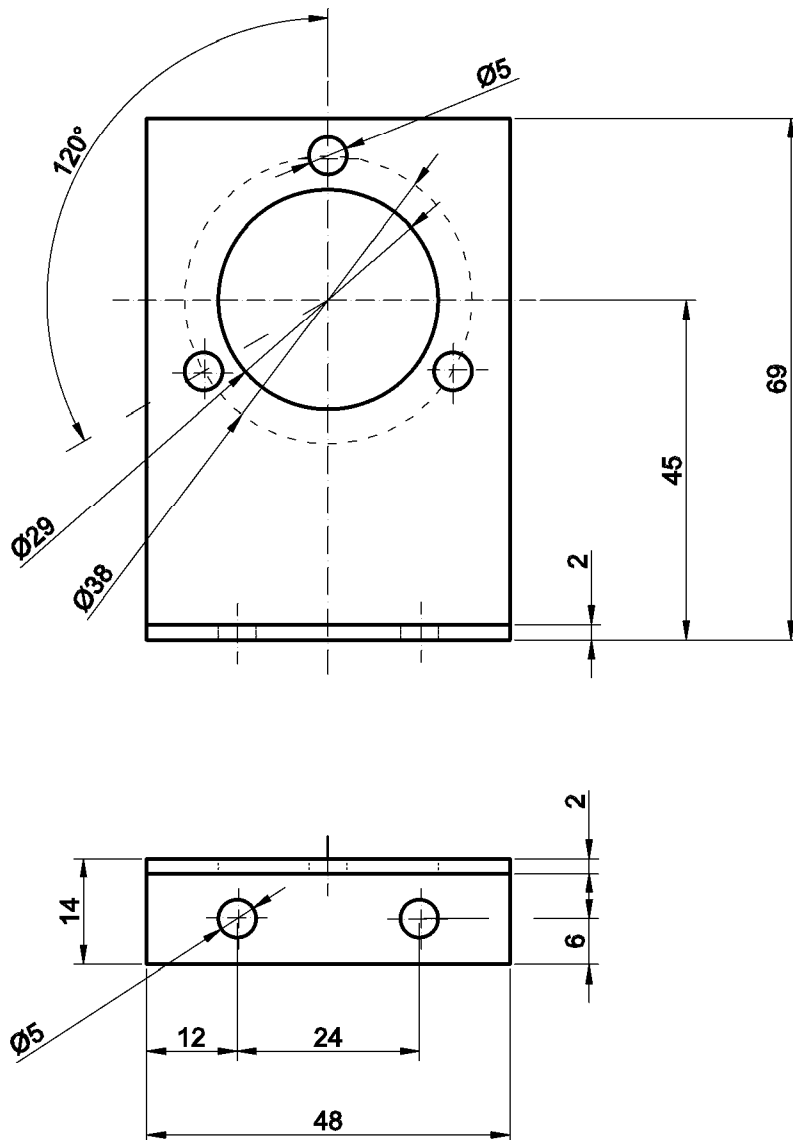
Corte A-A



Ángulos de desmoldeo 2°
Redondeos no indicados R=2mm

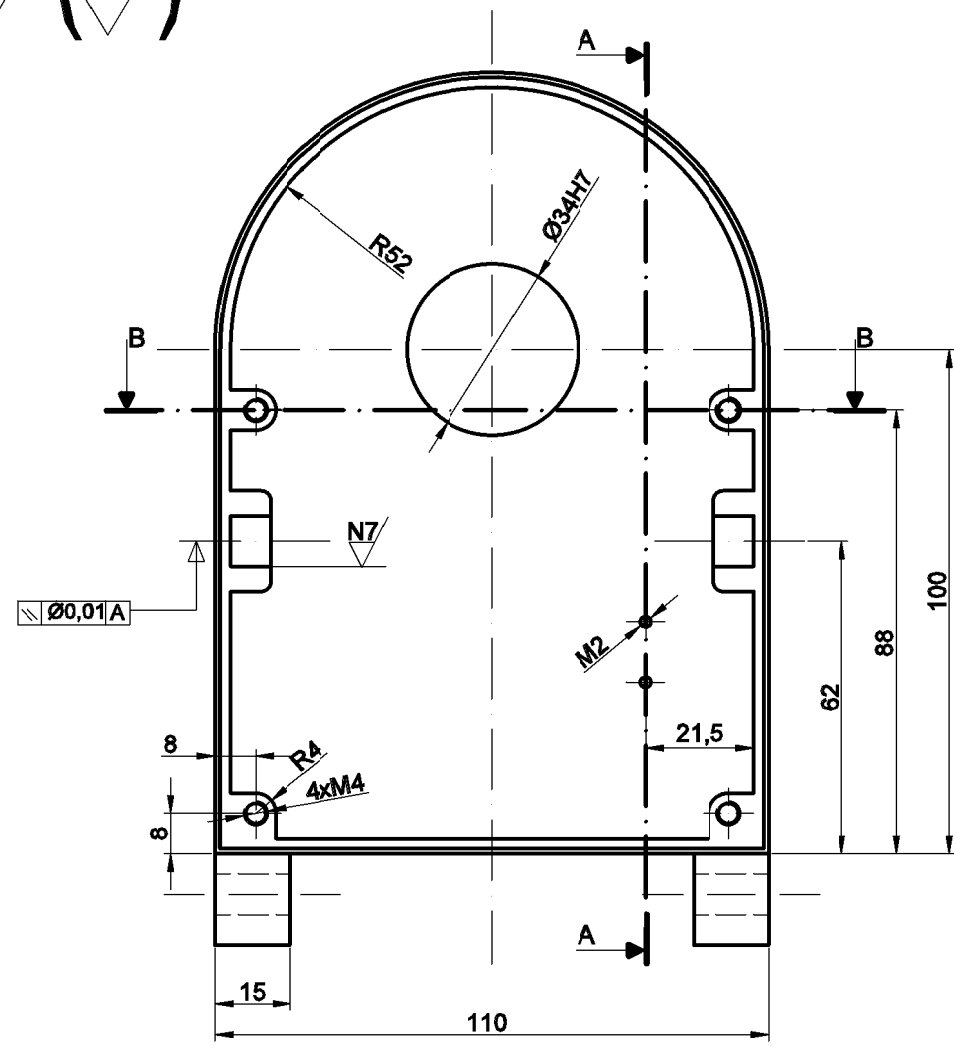
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Dibujado	3-09-2012	Enrique Lacasa Ferrer		
Comprob.				
Escala	Título			Nº de plano: 7.2
1:1	Tapa de la carcasa-mecanizado			Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m

N9

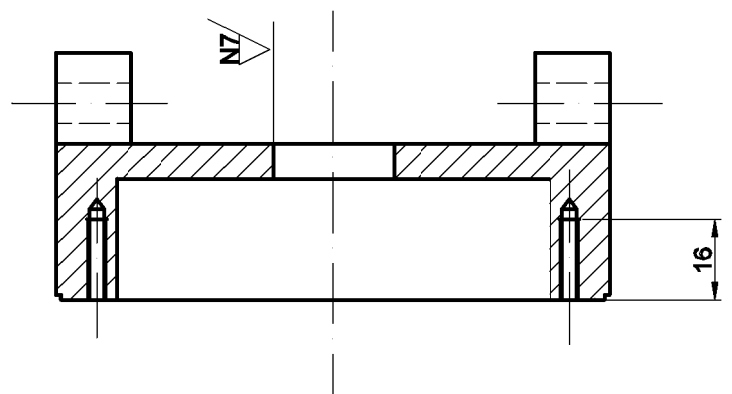


	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Dibujado	3-09-2012	Enrique Lacasa Ferrer		
Comprob.				
Escala	Título			Nº de plano: 8
1:1	Chapa soporte del motor			Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m

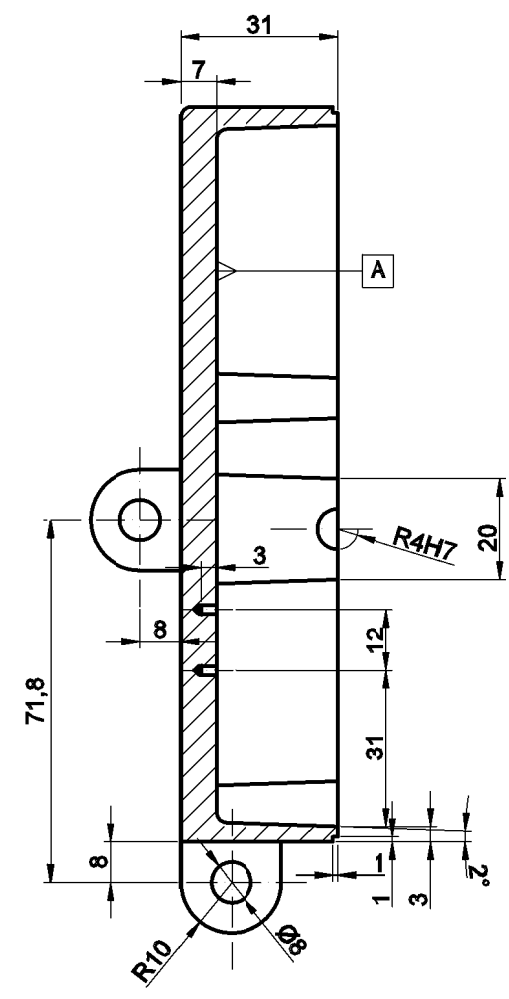
N10/ (N7/)



Corte B-B

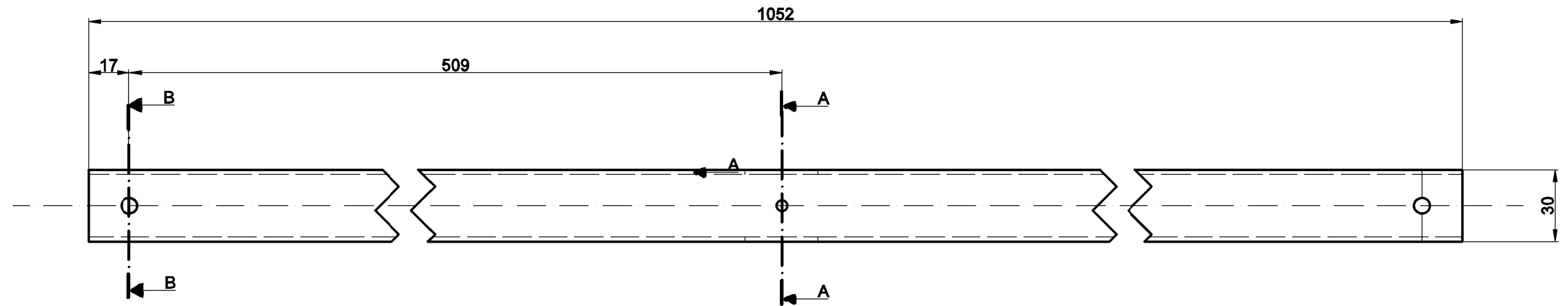


Corte A-A

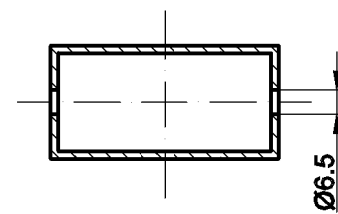


Ángulos de desmoldeo 2°
Redondeos no indicados R=2mm

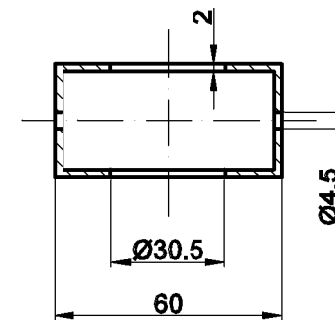
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Dibujado	3-09-2012	Enrique Lacasa Ferrer		
Comprob.				
Escala	Título			Nº de plano: 9.2
2:3	Carcasa-mecanizado			Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m



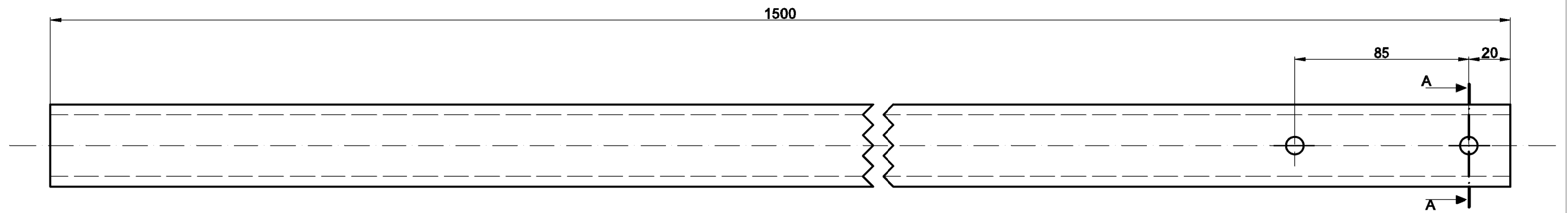
Corte B-B



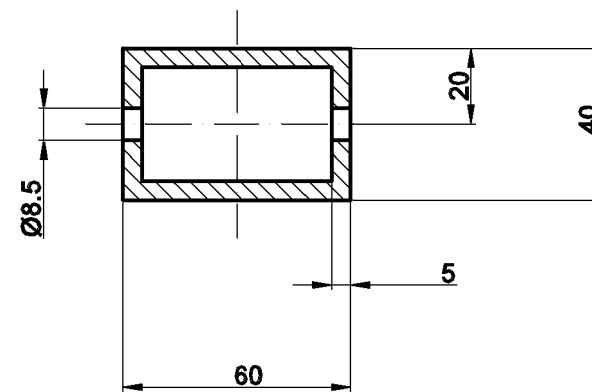
Corte A-A



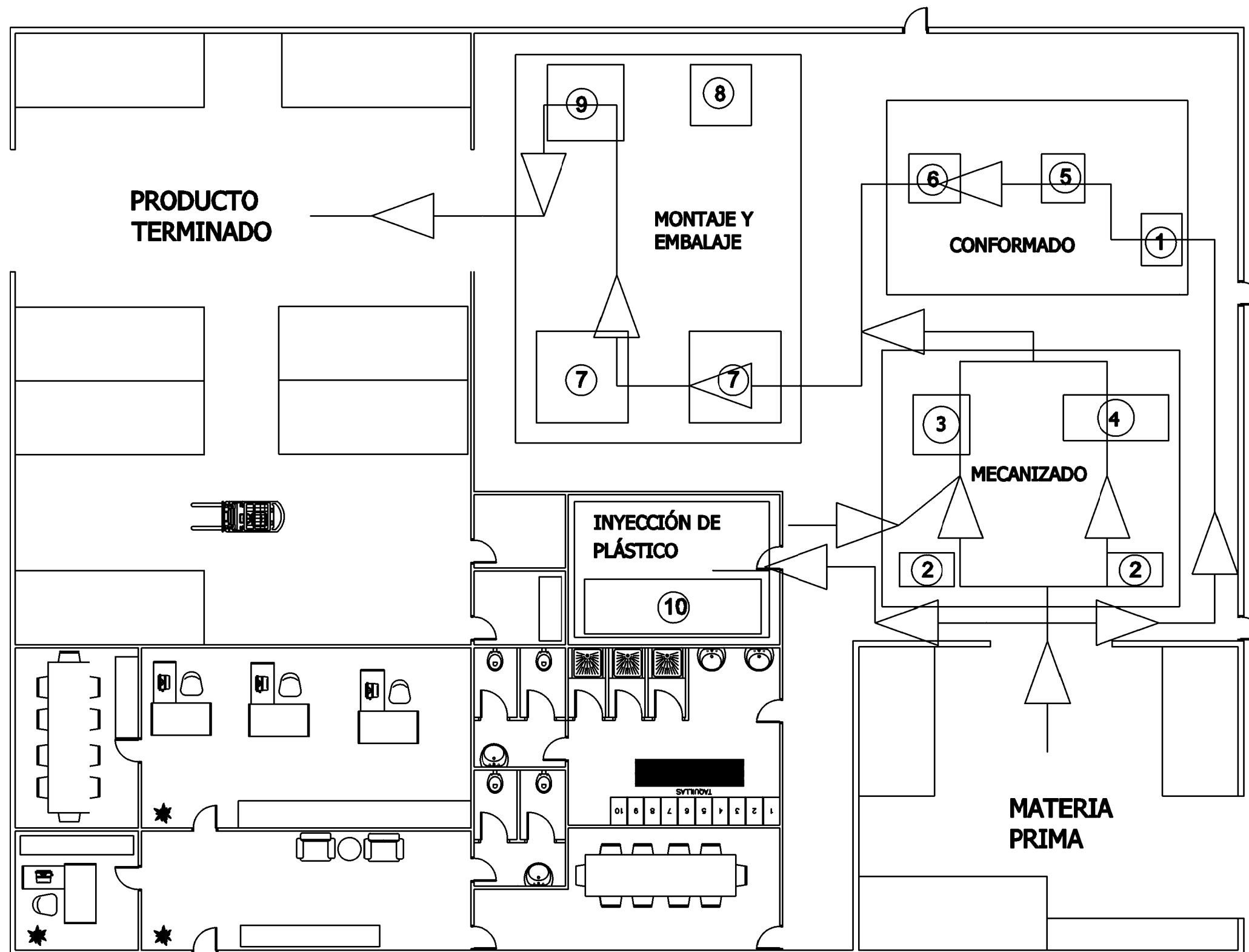
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
Dibujado	3-09-2012	Enrique Lacasa Ferrer		UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA	
Comprob.					
Escala	Título			Nº de plano: 10	
1:2	Perfil de aluminio			Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m	



Corte A-A



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA	
Dibujado	3-09-2012	Enrique Lacasa Ferrer			
Comprob.					
Escala	Título Mástil			Nº de plano: 11	
1:2				Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m	



LEYENDA MAQUINARIA
NUMERO DENOMINACION

- | | |
|----|----------------------|
| 1 | CIZALLADORA |
| 2 | SIERRA |
| 3 | FRESA |
| 4 | TORNO |
| 5 | PUNZONADORA |
| 6 | PLEGADORA |
| 7 | MESA DE MONTAJE |
| 8 | MESA DE PRUEBA |
| 9 | MESA DE EMBALAJE |
| 10 | MÁQUINA DE INYECCIÓN |

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA	
Dibujado	3-09-2012	Enrique Lacasa Ferrer			
Comprob.					
Escala	Título			Nº de plano: 12	
1:150	Flujo de material y distribución en planta			Sustituye a:	
				Sustituido por:	